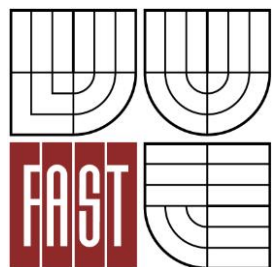




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## VÍCEÚČELOVÁ SPORTOVNÍ HALA

MULTI-PURPOSE SPORTS BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. MARTIN VRÁTNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MILAN PILGR, Ph.D.

BRNO 2015



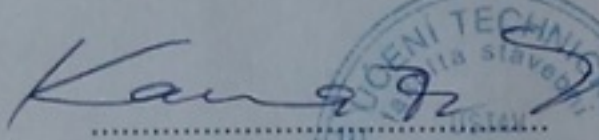
# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

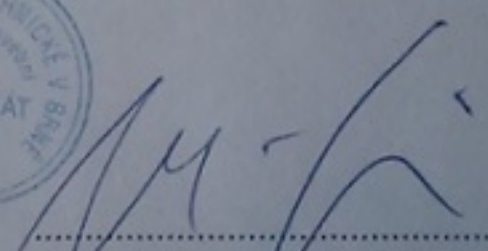
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Martin Vrátný
Název	Víceúčelová sportovní hala
Vedoucí diplomové práce	Ing. Milan Pilgr, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce	16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

  
doc. Ing. Marcela Karmazinová, CSc.  
Vedoucí ústavu

  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT



## Podklady a literatura

Požadavky na architektonické a dispoziční řešení  
Literatura doporučená vedoucím diplomové práce

## Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Zadání a cíle:

Vypracujte variantní návrh nosné ocelové konstrukce víceúčelové sportovní haly o půdorysných rozměrech  $29 \times 46$  m s přistavěnou patrovou částí pro zázemí o půdorysných rozměrech  $35 \times 44$  m. Dispozici navrhnete v souladu s architektonickými požadavky; klimatická zatížení uvažujte pro lokalitu Příbram.

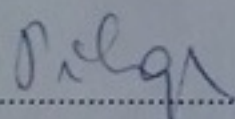
Požadované výstupy:

Technická zpráva s odůvodněním zvolené varianty řešení  
Statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce  
Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím diplomové práce  
Výkaz spotřeby materiálu pro zvolenou variantu řešení

## Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Milan Pílgř, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA STAVEBNÍ

## POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

**Vedoucí práce**

Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

**Autor práce**

Bc. Martin Vrátný

**Škola**

Vysoké učení  
technické v Brně

**Fakulta**

Stavební

**Ústav**

Ústav kovových a  
dřevěných konstrukcí

**Studijní obor**

3608T001 Pozemní  
stavby

**Studijní program**

N3607 Stavební  
inženýrství

**Název práce**

Víceúčelová sportovní  
hala

**Název práce v anglickém jazyce**

Multi-purpose sports  
building

**Typ práce**

Diplomová práce

**Přidělovaný titul**

Ing.

**Jazyk práce**

Čeština

**Datový formát elektronické verze**

### Anotace práce

Diplomová práce se zabývá návrhem víceúčelové sportovní haly v Příbrami. Sportovní hala je situována v městské části Příbram II. Cílem této práce je navrhnout nosnou konstrukci o půdorysných rozměrech haly 49 x 28 m a zázemí ve tvaru L v úrovni  $\pm 0,000$ . Výška haly ve vrcholu je 14 m. Hala je řešena obloukovými příhradovými vazníky o rozponu 7 m. Jedná se o sloupový nosný systém s ocelovými sloupy. Objekt je založen na základových patkách. Stabilitu zajišťují ztužidla. Obvodový i střešní plášť je tvořen sendvičovými panely.



### **Anotace práce v anglickém jazyce**

This thesis describes the design of a multipurpose sports hall in Příbram. The sports hall is situated in the town of Příbram II. The aim of this work is to propose bearing structure with dimensions 49 x 28 halls has a background in the shape of L in the level of  $\pm 0.000$ . Maximum height of the hall is 14 meters. Structure of the hall consists of arched trusses in 7 m grid supported by steel columns. This is a column support system. The building is based on the footings. Ensure stability bracing. Perimeter and roof cladding consists of sandwich panels.

### **Klíčová slova**

Sportovní hala, obloukový příhradový vazník, sloupový nosný systém, ztužidla, sendvičové panely

### **Klíčová slova v anglickém jazyce**

Sports hall, arched truss girder, column support system, bracing, sandwich panels

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá návrhem víceúčelové sportovní haly v Příbrami. Sportovní hala je situována v městské části Příbram II. Cílem této práce je navrhnout nosnou konstrukci o půdorysných rozměrech haly 49 x 28 m a zázemí ve tvaru L v úrovni  $\pm 0,000$ . Výška haly ve vrcholu je 14 m. Hala je řešena obloukovými příhradovými vazníky o rozponu 7 m. Jedná se o sloupový nosný systém s ocelovými sloupy. Objekt je založen na základových patkách. Stabilitu zajišťují ztužidla. Obvodový i střešní plášť je tvořen sendvičovými panely.

## **Klíčová slova**

Sportovní hala, obloukový příhradový vazník, sloupový nosný systém, ztužidla, sendvičové panely

## **Abstract**

This thesis describes the design of a multipurpose sports hall in Příbram. The sports hall is situated in the town of Příbram II. The aim of this work is to propose bearing structure with dimensions 49 x 28 halls has a background in the shape of L in the level of  $\pm 0.000$ . Maximum height of the hall is 14 meters. Structure of the hall consists of arched trusses in 7 m grid supported by steel columns. This is a column support system. The building is based on the footings. Ensure stability bracing. Perimeter and roof cladding consists of sandwich panels.

## **Keywords**

Sports hall, arched truss girder, column support system, bracing, sandwich panels

### **Bibliografická citace VŠKP**

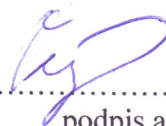
Bc. Martin Vrátný *Víceúčelová sportovní hala*. Brno, 2015. 204 s., 6 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Pilgr, Ph.D.



**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9.1.2015



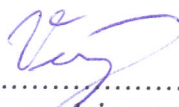
.....  
podpis autora  
Bc. Martin Vrátný

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 9.1.2015



.....  
předpis autora  
Bc. Martin Vrátný

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Milanu Pilgrovi Ph.D. za vstřícné jednání a poskytnuté informace.



## Seznam použitých zdrojů:

### Normy:

**ČSN EN 1991-1-1** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb (2004)

**ČSN EN 1991-1-3** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem (2005)

**ČSN EN 1991-1-4** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem (2005)

**ČSN EN 1993-1-1** Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

**ČSN EN 1993-1-8** Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků

**ČSN 01 3483** Výkresy kovových konstrukcí

### Skripta a publikace:

Melcher, Jindřich; Straka, Bohumil. Kovové konstrukce: konstrukce průmyslových budov. 5. nezm. Vyd. Praha: SNTL, 1985. 217 s.

Vraný, Tomáš; Jandera, Michal; Eliášová, Martina. Ocelové konstrukce 2: Cvičení.

Fakulta stavební ČVUT v Praze: Česká technika, 2009. 149 s. ISBN 978–80–01–04368-4

### Internetové stránky:

<http://www.steelcalc.com/cs/prurezchar.aspx>

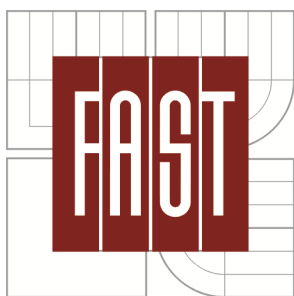
<http://fast10.vsb.cz/odk/prednasok/prednaska3.pdf>

[http://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/BO02/BO02\\_cvi\\_11.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/BO02/BO02_cvi_11.pdf)

<http://www.kingspan.cz>



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



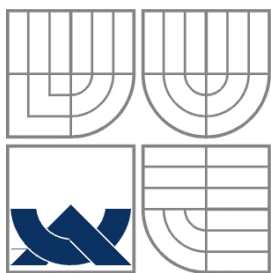
FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH  
KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

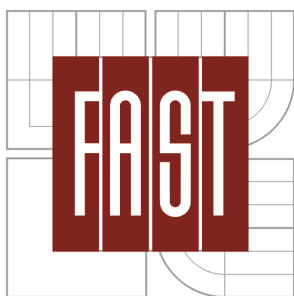
## VÍCEÚČELOVÁ SPORTOVNÍ HALA

### SEZNAM DOKUMENTACE

ZADÁNÍ A PODKLADY  
ZHODNOCENÍ VARIANT  
TECHNICKÁ ZPRÁVA  
STATICKÝ VÝPOČET  
STATICKÝ VÝPOČET - SCIA  
VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH  
KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# VÍCEÚČELOVÁ SPORTOVNÍ HALA

ZHODNOCENÍ VARIANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTIN VRÁTNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. MILAN PILGR, PH.D.

BRNO 2015



## Obsah

1	Varianta A .....	2
1.1	Popis konstrukce .....	2
1.2	Geometrie konstrukce .....	3
1.3	Výkaz materiálu .....	4
2	Varianta B .....	5
2.1	Popis konstrukce .....	5
2.2	Geometrie konstrukce .....	6
2.3	Výkaz materiálu .....	7
3	Zhodnocení variant .....	7

## Varianty řešení

### 1 Varianta A

#### 1.1 Popis konstrukce

Jedná se o ocelovou halu obdélníkového tvaru půdorysných rozměrů, 49,0 m x 28,0 m, s obloukovou střechou a zázemím budovy ve tvaru písmene L.. Obvodový plášť tvoří sendvičové panely. Střecha je zakrytá střešními sendvičovými panely. Prosvětlení objektu je pomocí plastových oken a prosvětlovacích střešních panelů.

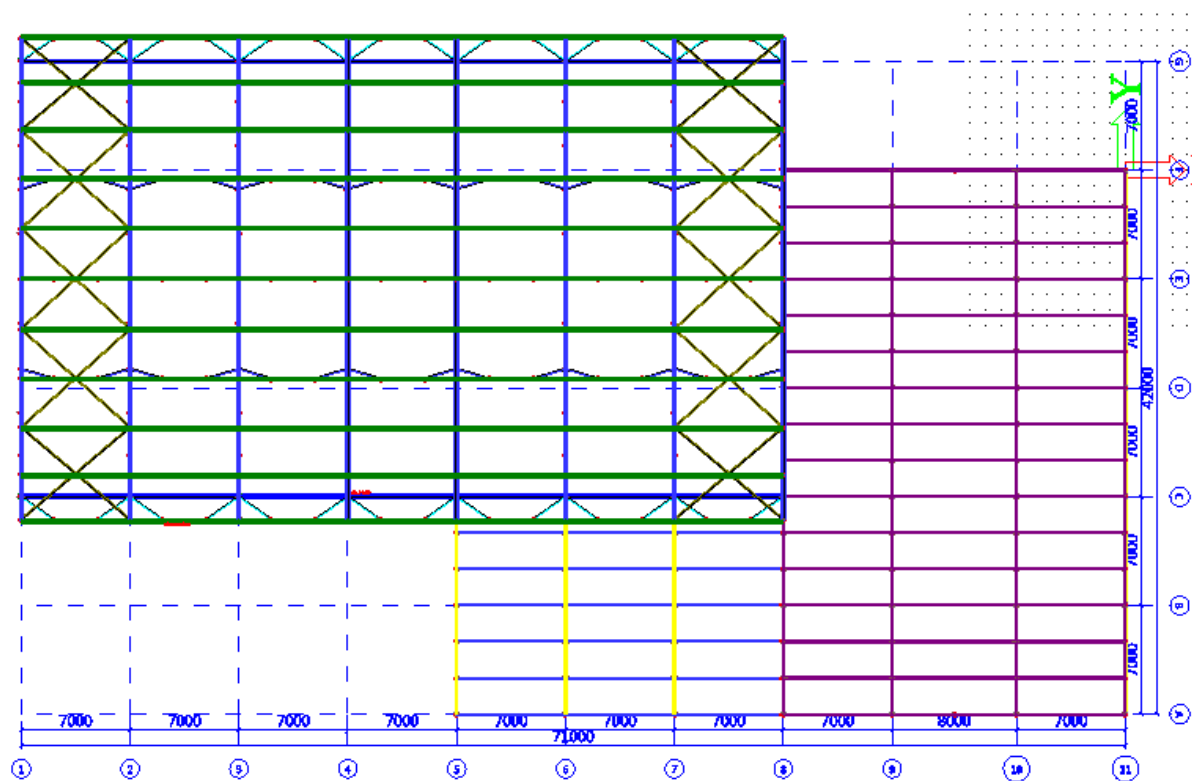
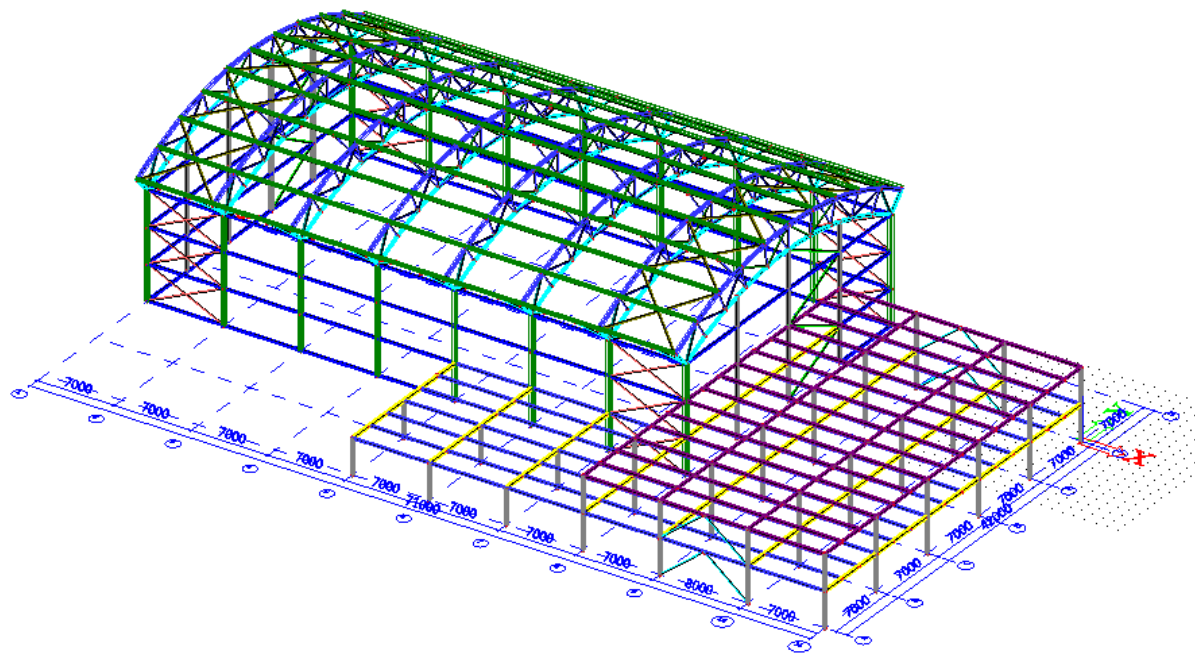
Nosnou konstrukci halového objektu tvoří 7 příhradových obloukových vazníků v osově vzdálenosti 7,0 m a podepřeny dvěma ocelovými sloupy o výšce 9,6m. Uložení sloupů do základové konstrukce uvažujeme jako pevné vetknutí. Větrové ztužidla tvaru „X“ jsou navržena mezi 1. – 2. a 6. – 7. vazníkem v stěnové i střešní rovině. Konstrukci po obvodě ztužují nosníky obvodového pláště ve svislé vzdálenosti 3,2 m od sebe.

Nosnou konstrukci zázemí tvoří ocelové sloupy a ocelobetonová spřažená stropní deska kotvená ke sloupům. Osová vzdálenost sloupů je 7x7 m a 7x8 m. Ztužení zázemí je provedeno pomocí V-ztužidel (Umístění viz geometrie konstrukce).

Na železobetonovou monolitickou základovou konstrukci jsou nosné prvky objektu připojeny ocelovými patkami tvořícími vetknutí. Přes patky je provedena železobetonová deska. Výztuže železobetonové desky a železobetonových patek jsou navzájem propojeny. Tato deska je podkladem pro konstrukci podlahy.

Detailní řešení základových konstrukcí není součástí práce a bylo by řešeno statikem - specialistou na zakládání staveb, především v návaznosti na vlastnosti podloží v dané lokalitě a na celkovém zatížení stavby.

## 1.2 Geometrie konstrukce



## 1.3 Výkaz materiálu

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
<i>*Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup></i>			
Celkový součet :	154873,7	3797,756	1,9729e+01

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
<i>*Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup> *Studentská verze<sup>1</sup></i>							
sloup zázemí - HEA240	S 235	60,3	147,200	8874,4	201,664	7850,0	1,1305e+00
průvlak zázemí - IPE330	S 235	49,1	182,000	8943,7	228,220	7850,0	1,1393e+00
stropnice zázemí 1.NP - IPE200	S 235	22,4	499,000	11163,9	383,284	7850,0	1,4222e+00
sloup hala - HEA340	S 235	105,2	153,600	16157,2	276,480	7850,0	2,0582e+00
vaznice hala - HEA220	S 235	50,5	538,995	27206,0	679,134	7850,0	3,4657e+00
ztužidlo stěna TR - Trubka (83; 7)	S 235	13,0	184,717	2407,0	47,873	7850,0	3,0663e-01
dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	42,2	266,260	11245,0	303,537	7850,0	1,4325e+00
horní pás příhradovina - HEA240	S 235	60,3	258,652	15593,6	354,353	7850,0	1,9864e+00
ztužidlo střecha - Trubka (140; 10)	S 235	32,1	190,436	6104,1	83,754	7850,0	7,7760e-01
vzpěra vazník - Trubka (83; 7)	S 235	13,1	82,723	1085,1	21,569	7850,0	1,3823e-01
příhrada diagonály TR 2 - Trubka (83; 7)	S 235	13,0	120,206	1566,4	31,153	7850,0	1,9954e-01
ztužení čelní stěny h. TR - Trubka (150; 12)	S 235	40,8	57,091	2331,1	26,902	7850,0	2,9695e-01
ztužení zázemí TR2 - Trubka (100; 8)	S 235	18,1	40,979	743,7	12,873	7850,0	9,4734e-02
příhrada kolmé prvky TR - Trubka (83; 7)	S 235	13,0	274,395	3575,6	71,114	7850,0	4,5549e-01
příhrada diagonály TR 1 - Trubka (160; 8)	S 235	30,0	51,864	1555,0	26,068	7850,0	1,9809e-01
příhrada diagonály TR 3 - Trubka (114; 8)	S 235	20,9	119,905	2507,0	42,941	7850,0	3,1937e-01
pazdík IPE - IPE240	S 235	30,7	510,996	15684,3	471,000	7850,0	1,9980e+00
stropnice zázemí 2.NP - IPE220	S 235	26,2	492,001	12899,8	416,973	7850,0	1,6433e+00
sloup štitová stěna - HEA240	S 235	60,3	86,763	5230,8	118,865	7850,0	6,6634e-01

## 2 Varianta B

### 2.1 Popis konstrukce

Jedná se o ocelovou halu obdélníkového tvaru půdorysných rozměrů 49,0 m x 28,0 m s obloukovou střechou a zázemím budovy ve tvaru písmene L. Obvodový plášť tvoří sendvičové panely. Střecha je zakrytá střešními sendvičovými panely. Prosvětlení objektu je zajištěno pomocí plastových oken a prosvětlovacích střešních panelů.

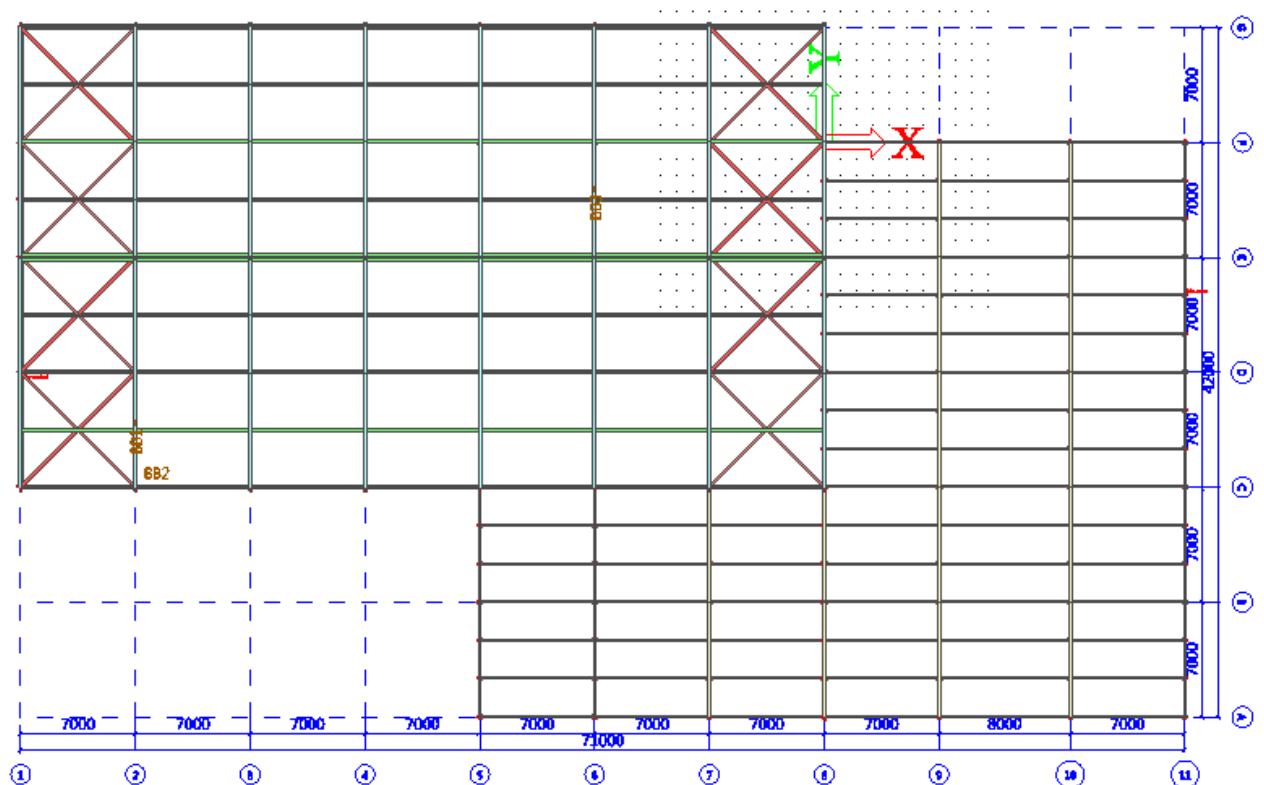
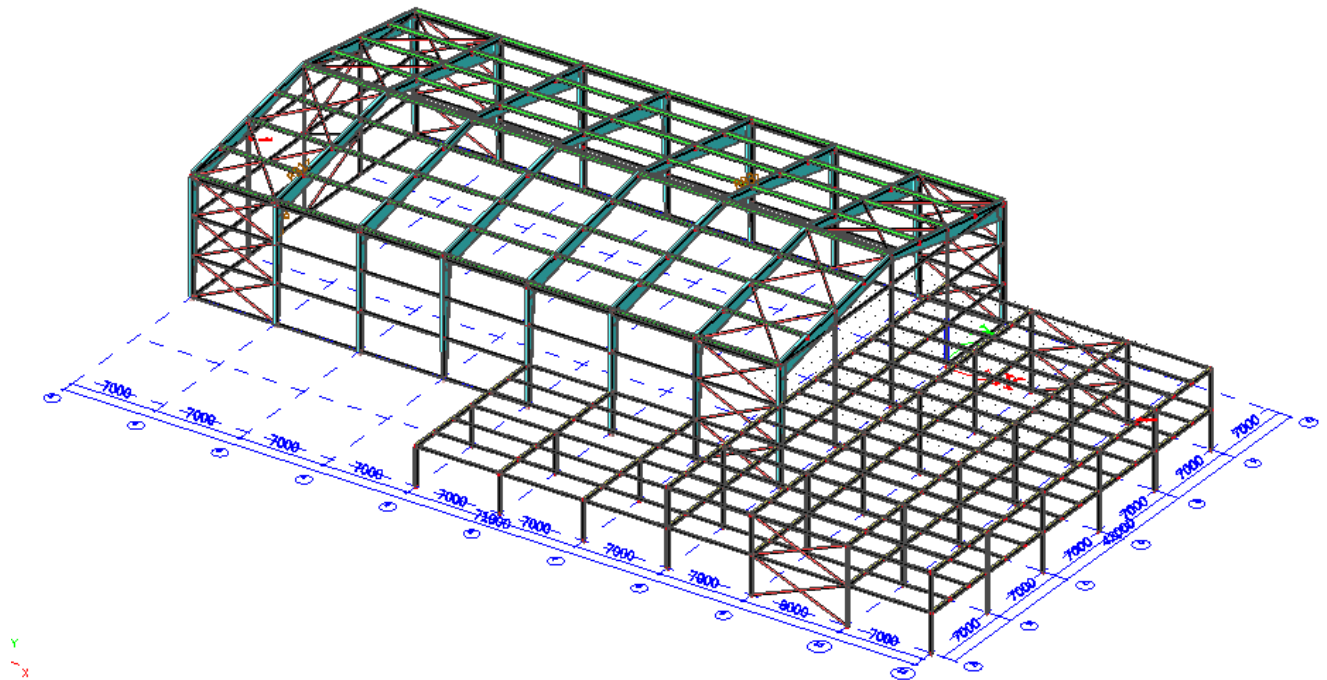
Nosnou konstrukci tvoří 7 trojkloubových rámových konstrukcí s náběhy v osově vzdálenosti 7m. Uložení sloupů do základové konstrukce uvažujeme jako kloubové. Větrové ztužidla tvaru „X“ jsou navržena mezi 1. – 2. a 6. – 7. rámem v stěnové i střešní rovině. Konstrukci po obvodě ztužují nosníky obvodového pláště ve svislé vzdálenosti 3,2 m od sebe.

Nosnou konstrukci zázemí tvoří ocelové sloupy a ocelobetonová spřažená stropní deska kotvená ke sloupům. Osová vzdálenost sloupů je 7x7 m a 7x8 m. Ztužení zázemí je provedeno pomocí V-ztužidel (Umístění viz geometrie konstrukce). Na železobetonovou monolitickou základovou konstrukci jsou nosné prvky objektu připojeny ocelovými patkami tvořícími kloubové připojení. Přes patky je provedena železobetonová deska. Výztuže železobetonové desky a železobetonových patek jsou navzájem propojeny. Tato deska je podkladem pro konstrukci podlahy.

Detailní řešení základových konstrukcí není součástí práce a bylo by řešeno statikem - specialistou na zakládání staveb, především v návaznosti na vlastnosti podloží v dané lokalitě a na celkovém zatížení stavby.



## 2.2 Geometrie konstrukce



## 2.3 Výkaz materiálu

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
<i>*Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹</i>			
Celkový součet :	164572,1	3630,871	2,0965e+01

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
<i>*Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹ *Studentská verze¹</i>							

sloup zázemí - HEA240	S 235	60,3	147,200	8874,4	201,664	7850,0	1,1305e+00
průvlak zázemí - IPE330	S 235	49,1	322,000	15823,4	403,773	7850,0	2,0157e+00
stropnice zázemí - IPE200	S 235	22,4	851,007	19039,2	653,660	7850,0	2,4254e+00
sloup hala boční stěny - HEA200	S 235	42,2	66,400	2804,3	75,696	7850,0	3,5723e-01
paždík hala - UPE270	S 235	35,2	510,999	17970,8	455,873	7850,0	2,2893e+00
vaznice hala - IPE300	S 235	42,2	489,999	20694,1	568,364	7850,0	2,6362e+00
sloup s náběhy - I gh (500; 200; 25; 20; 12; 12)	S 235	191,3	153,600	29379,7	343,777	7850,0	3,7426e+00
příčel - I gh (700; 200; 10; 10; 12; 12)	S 235	143,3	226,749	32492,2	691,245	7850,0	4,1391e+00
ztuzidlo hala TR - Trubka (170; 10)	S 235	39,5	443,445	17494,1	236,819	7850,0	2,2285e+00

## 3 Zhodnocení variant

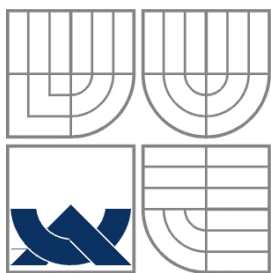
Varianta A je halový objekt řešen pomocí obloukového příhradového vazníku z válcovaných profilů HEA a trubek podepřeného vetknutými sloupy. U varianty B je tentýž halový objekt řešen pomocí trojkloubého rámu s náběhy.

Konstrukce zázemí je v obou případech stejná. Jedná se o spřaženou železobetonovou stropní konstrukci podepřenou sloupy.

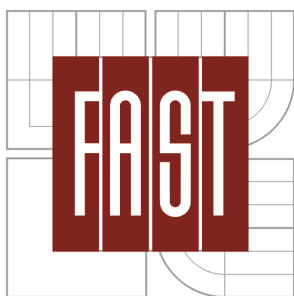
U varianty A je výhodnější využití volného prostoru vzniklého vytvořením oblouku, větší tuhost celé prostorové konstrukce. Nevýhodou varianty A je vysoká cena ohnutých profilů HEA. Celková hmotnost konstrukce je dle výkazu materiálu menší než u varianty B.

U varianty B je nevýhodou velká cena výroby svařovaných sloupů s náběhy a svařovaných příčel s náběhy. Celková hmotnost konstrukce je dle výkazu materiálu větší než v případě varianty A.

Po zhodnocení variant jsem se rozhodl pro **variantu A**.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH  
KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# VÍCEÚČELOVÁ SPORTOVNÍ HALA

TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTIN VRÁTNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. MILAN PILGR, PH.D.

BRNO 2015

## Obsah

1	Úvod a popis konstrukce .....	2
2	Materiál .....	2
3	Základové konstrukce.....	2
3.1	Základní betonářské práce .....	2
4	Konstrukce halového objektu .....	3
4.1	Vetknuté železobetonové patky .....	3
4.2	Nosný sloup příhradového vazníku .....	3
4.3	Obloukový příhradový vazník .....	3
4.4	Sloup štítové stěny .....	4
4.5	Konstrukce zastřešení.....	4
4.5.1	Vaznice .....	4
4.5.2	Střešní plášť a obvodový plášť.....	4
4.5.3	Ztužení ve střešní rovině .....	5
4.6	Ztužení obvodového pláště .....	5
4.6.1	Podélné ztužení .....	5
4.6.2	Ztužení štítových stěn.....	5
5	Konstrukce zázemí.....	5
5.1	Sloup .....	5
5.2	Stropní konstrukce.....	6
5.3	Ztužení obvodového pláště .....	6
5.3.1	Podélné ztužení .....	6
5.4	Střešní plášť a obvodový plášť.....	6
6	Bezpečnost práce .....	7
7	Likvidace odpadů.....	8
8	Závěr .....	8
9	Seznam použitých zdrojů: .....	9

## 1 Úvod a popis konstrukce

Předmětem projektu je návrh a posouzení jednotlivých prvků zvoleného konstrukčního řešení víceúčelové sportovní haly.

Jedná se o ocelovou halu obdélníkového tvaru půdorysných rozměrů, 49,0 m x 28,0 m, s obloukovou střechou a zázemím budovy ve tvaru písmene L. Modulová síť haly je 7 x 7m . Obvodový plášť tvoří sendvičové panely. Střecha je zakrytá střešními sendvičovými panely. Prosvětlení objektu je zajištěno pomocí plastových oken a prosvětlovacích střešních panelů. Podlaha haly je betonová s příslušným sportovním povrchem ve sportovní části a s PVC v zázemí.

## 2 Materiál

- Ocel:

Ocelová nosná konstrukce haly je navržena z oceli S235. Stropnice a průvlaky železobetonového spřaženého stropu jsou navrženy z oceli S355.

Všechny šrouby spojů nosné konstrukce jsou pevnostní třídy 8.8. Šrouby kotvící trapézový plech jsou pevnostní třídy 4.6.

- Beton:

Základové konstrukce jsou navrženy z betonu C 16/20.

## 3 Základové konstrukce

Víceúčelová sportovní hala je založena na vetknutých základových patkách. Veškeré betonářské práce spojené s výrobou patek jsou provedeny dle ČSN EN 13670.

### 3.1 Základní betonářské práce

Před započítím betonáže základů je do základové spáry uložen uzemňovací FeZn pásek 30/4mm a spojovací svorky budou zality asfaltem. Zemnicí souprava je spojena přes zkušební svorky s hromosvodem. V místech prostupů přes základy a navýšení základů nad okolní terén je provedeno bednění z dřevěných prken tl.22mm.



Betonová směs pro betonáž základových konstrukcí bude na stavenišťě dopravena autodomíchávačem a uložena do bednění. Požadované vlastnosti betonové směsi budou garantovány jejím výrobcem. Betonová směs bude hutněna ponorným elektrickým vibrátorem.

## 4 Konstrukce halového objektu

### 4.1 Vetknuté železobetonové patky

Vetknuté železobetonové patky jsou základovou konstrukcí sloupů podpírající příhradový vazník. Patky jsou provedeny z železového betonu C 16/20 a s betonářskou výztuží (ocel B500B). Rozměry základových patek jsou 2000x1200x800 mm. V ručním statickém výpočtu je provedeno posouzení nejzatíženějšího vetknutí sloupu do železobetonové.

### 4.2 Nosný sloup příhradového vazníku

Ocelové sloupy příhradového obloukového vazníku jsou z válcovaných profilů HEA 340 o výšce 9,6m vyrobených z oceli typu S 235. Upevnění ocelového sloupu k základové konstrukci musí být provedeno podle statického výpočtu tak, aby bylo dosaženo uložení typu vetknutí. Sloupy přenášejí plné zatížení od ocelového příhradového vazníku. Detail tohoto napojení nalezneme v ručním statickém výpočtu. Osově vzdálenosti sloupů jsou 7 metrů. (viz výkresová dokumentace)

### 4.3 Obloukový příhradový vazník

Hlavní nosnou vodorovnou konstrukcí halového objektu je obloukový příhradový vazník z oceli S 235. Vazník tvoří tlačенý horní pás z profilu HEA 240, tažený dolní pás z profilu HEA 200, taženými a tlačенými diagonálami z profilu TR 82,5 x 7, TR 114 x 8, TR 160 x 8. Příhradový vazník je spojen pomocí sváru. Výpočet přípojí viz ruční statický výpočet. Prostorová stabilita příhradové konstrukce a stabilita

dolního taženého pásu je zajištěna pomocí vzpěrek kotvených k vaznicím pod úhlem 45°. Jejich umístění viz výkresová dokumentace.

#### 4.4 Sloup štítové stěny

Ve štítové stěně víceúčelové sportovní haly jsou umístěny sloupy štítové stěny, které mají profil HEA 240, výšku proměnnou v závislosti na výšce obloukového příhradového vazníku v daném místě. Velikost základové konstrukce je odlišná od sloupů podpírajících vazník. Sloupy štítové stěny slouží k přenosu zatížení příčnými ztužidly a umožňují kotvení paždíků k svislé konstrukci po kratších vzdálenostech. Jejich osové vzdálenosti nejsou symetrické (viz výkresová dokumentace).

#### 4.5 Konstrukce zastřešení

##### 4.5.1 Vaznice

Vaznice tvoří válcovaný profil HEA 220 o délce 7 m. Jsou kotveny pomocí ocelových profilů k hornímu okraji horního pásu obloukového příhradového vazníku. Vzhled ocelových přípojek je rozkreslen v ručním statickém výpočtu. Při výrobě přípojek i vaznic musí vybraný výrobce počítat s šikmým připojením vaznic způsobeným zakřivením horního okraje vazníku.

##### 4.5.2 Střešní plášť a obvodový plášť

Střešní plášť sportovní haly tvoří střešní panely a prosvětlovací panely firmy Kingspan. Tyto panely jsou k vaznicím kotveny pomocí šroubů podle technických požadavků výrobce.

***Střešní panel Kingspan KS 1000 RW, s = 160 mm***

***Prosvětlovací střešní panely Kingspan KS 1000 PC, s = 160 mm***

Základní opěrnou konstrukcí pro obvodový plášť jsou sloupy, ke kterým jsou po celé délce haly přivařeny ocelové paždíky profilu IPE.

Obvodové panely jsou kotveny pomocí šroubů k nosníkům obvodového pláště IPE podle požadavků výrobce stejně jako střešní panely.

***Obvodový panel Kingspan KS 1000 RW, s = 160 mm***

#### 4.5.3 Ztužení ve střešní rovině

Ztužení objektu v rovině střechy jsou umístěna ve dvou pásech mezi dvěma vazníky na začátku a na konci objektu. Ztužidla jsou křížová a přivařena pomocí koutových svárů k hornímu pásu obloukovému příhradovému vazníku. Ztužidlo TR 140 x 10 zajišťuje tuhost objektu ve střešní rovině.

### 4.6 Ztužení obvodového pláště

#### 4.6.1 Podélné ztužení

Ztužidla zajišťující tuhost v podélném směru jsou umístěna mezi sloupy v obvodovém plášti, na obou stranách haly jsou kříže z TR 82,5 x 7 z oceli S 235. Umístění viz výkresová dokumentace.

#### 4.6.2 Ztužení štítových stěn

Ztužidla zajišťující tuhost v příčném směru jsou umístěna mezi sloupy v obvodovém plášti, na obou stranách haly z TR 150 x 12 z oceli S 235.

## 5 Konstrukce zázemí

### 5.1 Sloup

Ocelové sloupy zázemí jsou z válcovaných profilů HEA 240 o výšce 6,4 m (3,2 m) vyrobených z oceli typu S 235. Upevnění ocelového sloupu

k základové konstrukci musí být provedeno podle statického výpočtu tak, aby bylo se dosaženo uložení typu vetknutí. Sloupy přenášejí plné zatížení od stropní konstrukce. Osově vzdálenosti sloupů jsou 7 a 8 metrů. (viz výkresová dokumentace)

## 5.2 Stropní konstrukce

Stropní konstrukce zázemí je spřažená železobetonová konstrukce v obou směrech. Hlavními nosnými prvky stropní konstrukce jsou stropnice s osovými vzdálenostmi 2,33 m z profilu IPE 200. Je zajištěno spolupůsobení stropnice s trapézovým plechem a betonovou deskou pomocí spřahovacích trnů o průměru 12,7mm po 250 mm. Stropnice jsou pomocí šroubů kotveny k průvlakům přes čelní desku navařenou pomocí koutového sváru ke stropnici.

Průvlak tvoří profil IPE 330 a je stejně jako stropnice spřažen pomocí trnu s betonovou deskou. Přípoj na sloup zázemí je proveden pomocí čelní desky.

## 5.3 Ztužení obvodového pláště

### 5.3.1 Podélné ztužení

Ztužidla zajišťující tuhost v podélném směru jsou umístěna mezi sloupy v obvodovém plášti, na obou stranách haly jsou V-ztužidla z TR 100 x 8 z oceli S 235. Umístění viz výkresová dokumentace.

## 5.4 Střešní plášť a obvodový plášť

Střešní plášť zázemí tvoří střešní panely a prosvětlovací panely firmy Kingspan. Tyto panely jsou k stropní konstrukci kotveny pomocí šroubů podle technických požadavků výrobce.

***Střešní panel Kingspan KS 1000 RW, s = 160 mm***

***Prosvětlovací střešní panely Kingspan KS 1000 PC, s = 160 mm***

Základní opěrnou konstrukcí pro obvodový plášť jsou sloupy, ke kterým jsou po celé délce zázemí kotveny tenkostěnné ocelové profily dle požadavku výrobce.

Obvodové panely jsou kotveny pomocí šroubu k nosníkům obvodového pláště podle požadavků výrobce.

***Obvodový panel Kingspan KS 1000 RW, s = 160 mm***

## 6 Bezpečnost práce

Pracovníci jsou povinni používat ochranné pracovní pomůcky a dbát bezpečnosti práce na staveništi dle ČSN. Každý pracovník je řádně proškolen a poučen o bezpečnosti práce před prvním nástupem na pracoviště. Vše bude zapsáno v pracovním deníku a potvrzeno podpisem pracovníka a stavbyvedoucího.

Každý člen čety je seznámen podrobně s bezpečnostními předpisy, které se týkají zejména charakteru jeho práce.

Před započítím stavby jsou všechny přípravné práce pro zajištění plynulosti montáže konány tak, aby postup montáže odpovídal zásadám bezpečnosti práce.

Při montáži je nutno zachovat z hlediska stability konstrukce postup montážních prací stanovený projektem.

Pracovní čety musejí být vybaveny ochrannými pomůckami podle charakteru práce.

Pracující ve výškách musí být vybaveni zejména ochrannými pásy, přilbami, jistícími lany, vestami, brašnami na nářadí apod. Toto vybavení, pokud jej pracovníci mají, musejí závazně používat.

Na pracovních plošinách nesmějí být umístěny láhve a tlakové nádoby na svařování, řezání a pálení.

Při vícesměnném provozu je nutno pamatovat na řádné osvětlení pracoviště, skládek a komunikačních prostorů. Osvětlení nesmí oslňovat pracovníky a vytvářet temné kouty.

Vazníky lze zavěšovat jen v místech, která jsou k tomu výslovně určená. Před zdvižením musí být vazník zcela volný a vždy jen v poloze, ve které má být dopraven k místu osazení. Jeřábem nesmíme vazníky přitahovat. V prostoru, v němž se vazník zvedá a pohybuje, se nikdo nesmí zdržovat. Pokud je třeba vazník usměrňovat, může se tak dít jen z dálky, lanem nebo tyčí. Jeřábník musí břemenem pohybovat pomalu a plynule a musí při tom dávat výstražné znamení. Montážníci se smějí k vazníku přiblížit, až když visí těsně nad místem, kde má být osazen.

Následující vazník se smí osazovat teprve tehdy, až je předcházející vazník bezpečně uložen a upevněn podle technologického postupu.

Je zakázáno zdvihát břemena zasypaná, upevněná, přimrzlá, přilnutá, pokud není zajištěno, že nebude překročena nosnost použitého zařízení.

Při odebírání vazníků ze skládky nebo z dopravního prostředku musí být zajištěno bezpečné skladování zbývajících vazníků.

Je-li špatné počasí (např. vítr větší než 10 m.s<sup>-1</sup>, špatná viditelnost, bouře, déšť, sněžení nebo tvoření námrazy, dohlednost v místě práce menší než 30 m, teplota prostředí během provádění prací nižší než -10 st. C) je třeba práci zastavit.

## 7 Likvidace odpadů

Veškeré odpady budou náležitě zlikvidovány ve smyslu ustanovení zák. č. 185/2001 Sb. o odpadech, vyhl. č. 381/2001, vyhl. č. 383/2001 Sb. a předpisů souvisejících, odvozem na legální skládky a úložiště. Charakteristika a zatřídění odpadů ze stavby dle katalogu odpadů z vyhl. č. 381/2001 Sb.

## 8 Závěr

Výpočtový model byl proveden v programu Scia Engineer 2014. Na rozhodující prvky byl proveden ruční přepoččet. Pro řešenou **variantu A** byl proveden statický výpočet a výkresová dokumentace v rozsahu zadaném vedoucím diplomové práce.

## 9 Seznam použitých zdrojů:

### Normy:

**ČSN EN 1991-1-1** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb (2004)

**ČSN EN 1991-1-3** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem (2005)

**ČSN EN 1991-1-4** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem (2005)

**ČSN EN 1993-1-1** Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

**ČSN EN 1993-1-8** Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků

**ČSN 01 3483** Výkresy kovových konstrukcí

### Skripta a publikace:

Melcher, Jindřich; Straka, Bohumil. Kovové konstrukce: konstrukce průmyslových budov. 5. nezm. Vyd. Praha: SNTL, 1985. 217 s.

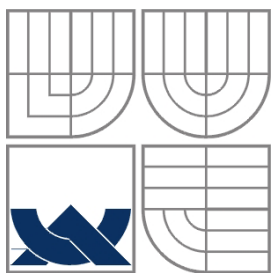
Vraný, Tomáš; Jandera, Michal; Eliášová, Martina. Ocelové konstrukce 2: Cvičení. Fakulta stavební ČVUT v Praze: Česká technika, 2009. 149 s. ISBN 978–80–01–04368-4

### Internetové stránky:

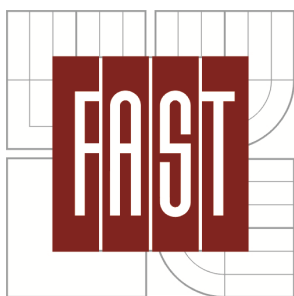
<http://www.steelcalc.com/cs/prurezchar.aspx>

<http://fast10.vsb.cz/odk/prednasok/prednaska3.pdf>

[http://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/BO02/BO02\\_cvi\\_11.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/BO02/BO02_cvi_11.pdf)



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH  
KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# VÍCEÚČELOVÁ SPORTOVNÍ HALA

STATICKÝ VÝPOČET

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTIN VRÁTNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. MILAN PILGR, PH.D.

BRNO 2015



## Obsah

<b>Obsah .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Úvod.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Geometrický výpočtový model .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Zatížení konstrukce .....</b>	<b>4</b>
3.1 Stálé zatížení:.....	4
3.2 Užité zatížení střechy:.....	6
3.3 Zatížení sněhem:.....	6
3.4 Zátěž větrem: - HALA .....	6
3.5 Zatížení větrem: - ZÁZEMÍ.....	9
<b>4 Skupiny zatížení, zatěžovací stavy a kombinace.....</b>	<b>12</b>
4.1 Skupiny zatížení (LG – load groups):.....	12
4.2 Zatěžovací stavy (LC – load cases): .....	12
4.3 Kombinace – pro MSÚ .....	13
4.4 Kombinace – pro MSP .....	15
<b>5 Posouzení jednotlivých prvků na MSÚ a MSP .....</b>	<b>17</b>
5.1 Vaznice – HEA 220 .....	17
5.2 Posouzení vaznice na MSP:.....	22
5.3 Nosný sloup – HEA 340:.....	23
5.4 Sloup štítové stěny – HEA 240: .....	29
5.5 Sloup zázemí – HEA 240: .....	34
5.6 Nosník obvodového pláště – IPE 240: .....	39
5.7 Posouzení nosníku obvodového pláště na MSP .....	44
5.8 Stěnové ztužidlo –TR 82,5x7,0: .....	45
5.9 Horní pás obloukového příhradového vazník – HEA 240: .....	48
5.10 Dolní pás obloukové příhradové konstrukce – HEA200: .....	53
5.11 Tlačená diagonála příhradového vazník – TR 82,5x7:.....	56
5.12 Tlačená diagonála příhradového vazník – TR 160x8:.....	60
5.13 Tažená diagonála obloukového příhradového vazníku – TR 114x8:.....	65
5.14 Tlačená diagonála příhradového vazník – TR 114x8:.....	67
5.15 Posouzení vazníku na MSP .....	71
5.16 Návrh spřažené stropní konstrukce – zázemí – stropnice 1.NP: .....	72
5.17 Návrh spřažené stropní konstrukce – zázemí – průvlak 1.NP: .....	76
5.18 Návrh spřažené stropní konstrukce – zázemí – stropnice 2.NP: .....	80
5.19 Návrh spřažené stropní konstrukce – zázemí – průvlak 2.NP: .....	84
5.20 Posouzení rámu zázemí na MSP .....	88
5.21 Posouzení patky nosného sloupu .....	88
<b>6 POSOUZENÍ PŘÍPOJŮ.....</b>	<b>95</b>
6.1 Připojení diagonál k pásu příh. kce .....	95
6.2 Připojení podélného ztužení k nosnému sloupu .....	96
6.3 Připojení stropnice ztužidlové vazby .....	97

6.4	Připojení stropnice a průvlaku - zázemí .....	98
6.5	Připojení průvlaku na sloup- zázemí.....	99
6.6	Připojení vaznice k vazníku .....	100
6.7	Připojení vazníku k nosnému sloupu .....	101
6.8	Montážní přípoj vazníku .....	102

# 1 Úvod

Statický posudek obsahuje výpočet ocelové konstrukce sportovní víceúčelové haly, posouzení jednotlivých ocelových prvků konstrukce.

Jedná se o ocelovou halu obdélníkového tvaru půdorysných rozměrů, 49,0 m x 28,0 m, s obloukovou střechou a zázemím budovy ve tvaru písmene L. Obvodový plášť tvoří sendvičové panely. Střecha je zakrytá střešními sendvičovými panely. Prosvětlení objektu je pomocí plastových oken a prosvětlovacích střešních panelů.

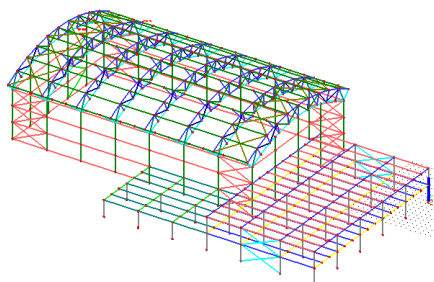
Nosnou konstrukci halového objektu tvoří 7 příhradových obloukových vazníků v osově vzdálenosti 7,0 m a podepřeny dvěma ocelovými sloupy o výšce 9,6m. Uložení sloupů do základové konstrukce uvažujeme jako pevné vetknutí. Větrové ztužidla tvaru „X“ jsou navržena mezi 1. – 2. a 6. – 7. vazníkem v stěnové i střešní rovině. Konstrukci po obvodě ztužují nosníky obvodového pláště ve svislé vzdálenosti 3,2 m od sebe.

Nosnou konstrukci zázemí tvoří ocelové sloupy a ocelobetonová spřažená stropní deska kotvená ke sloupům. Osová vzdálenost sloupů je 7x7 m a 7x8 m. Ztužení zázemí je provedeno pomocí V-ztužidel (Umístění viz geometrie konstrukce).

Na železobetonovou monolitickou základovou konstrukci jsou nosné prvky objektu připojeny ocelovými patkami tvořícími vetknutí. Přes patky je provedena železobetonová deska. Výztuže železobetonové desky a železobetonových patek jsou navzájem propojeny. Tato deska je podkladem pro konstrukci podlahy.

Detailní řešení základových konstrukcí není součástí práce a bylo by řešeno statikem - specialistou na zakládání staveb, především v návaznosti na vlastnosti podloží v dané lokalitě a na celkovém zatížení stavby.

- [1] **ČSN EN 1991-1-1** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení –  
objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb (2004)
- [2] **ČSN EN 1991-1-3** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení –  
Zatížení sněhem (2005)
- [3] **ČSN EN 1991-1-4** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení –  
Zatížení větrem (2005)
- [4] **ČSN EN 1993-1-1** Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná  
pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [5] **ČSN EN 1993-1-8** Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8:  
Navrhování styčníků
- [6] **ČSN 01 3483** Výkresy kovových konstrukcí



## 2 Geometrický výpočtový model

### Geometrický výpočtový model

Jedná se o ocelovou halu obdélníkového tvaru s obloukovou střechou s rozměry 49,0 m x 28,0 m a zázemí ve tvaru L.

Nosnou konstrukci tvoří 7 příhradových obloukových vazníků v osové vzdálenosti 7,0 m a podepřeny ocelovými sloupy HEA o výšce 9,6m. Uložení sloupů do základové konstrukce uvažujeme jako pevné vetknutí. Větrové ztužidla TR tvaru „X“ jsou navržena mezi 1. – 2. a 6. – 7. vazníkem v stěnové i střešní rovině. Konstrukci po obvodě ztužují nosníky obvodového pláště UPE ve svislé vzdálenosti 3,2 m od sebe.

## 3 Zatížení konstrukce

### 3.1 Stálé zatížení:

#### Stále zatížení od střešních panelů a obvodového pláště:

##### Hala

Střešní panel Kingspan KS 1000 RW,  $s = 160 \text{ mm}$

Prosvětlovací střešní panely Kingspan KS 1000 PC,  $s = 160 \text{ mm}$   
 $m = 15,0 \text{ kg/m}^2 = 0,15 \text{ kN/m}^2$

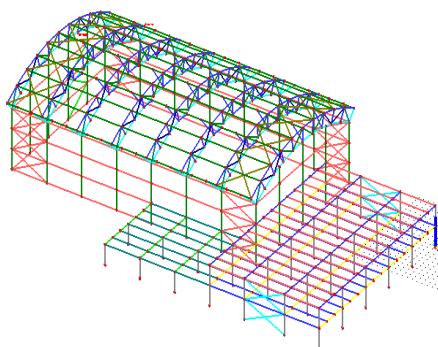
Obvodový panel Kingspan KS 1000 RW,  $s = 160 \text{ mm}$   
 $m = 12,0 \text{ kg/m}^2 = 0,12 \text{ kN/m}^2$

##### Zázemí

Střešní panel Kingspan KS 1000 RW,  $s = 160 \text{ mm}$

Prosvětlovací střešní panely Kingspan KS 1000 PC,  $s = 160 \text{ mm}$   
 $m = 15,0 \text{ kg/m}^2 = 0,15 \text{ kN/m}^2$

Obvodový panel Kingspan Optimo fasádní systém,  $s = 160 \text{ mm}$   
 $m = 12,0 \text{ kg/m}^2 = 0,12 \text{ kN/m}^2$

**Stálé zatížení jednotlivých konstrukčních prvků:****HALA**

Vaznice – HEA 220

$$A \cdot \rho_o = 50,5 \text{ kg/m} \cong 0,505 \text{ kN/m}$$

Horní pás příhradoviny – HEA 240

$$A \cdot \rho_o = 60,3 \text{ kg/m} \cong 0,603 \text{ kN/m}$$

Dolní pás příhradoviny – HEA 200

$$A \cdot \rho_o = 42,2 \text{ kg/m} \cong 0,422 \text{ kN/m}$$

Diagonály příhradoviny – TR 1 (160;8)

$$A \cdot \rho_o = 36,7 \text{ kg/m} \cong 0,367 \text{ kN/m}$$

Diagonály příhradoviny – TR 2 (82,5;7)

$$A \cdot \rho_o = 13,0 \text{ kg/m} \cong 0,13 \text{ kN/m}$$

Diagonály příhradoviny – TR 3 (114;8)

$$A \cdot \rho_o = 42,2 \text{ kg/m} \cong 0,422 \text{ kN/m}$$

Nosné sloupy – HEA 340

$$A \cdot \rho_o = 104,8 \text{ kg/m} \cong 1,048 \text{ kN/m}$$

Pomocné sloupy – HEA 340

$$A \cdot \rho_o = 104,8 \text{ kg/m} \cong 1,048 \text{ kN/m}$$

Střešní ztužidlo – TR (150;10)

$$A \cdot \rho_o = 34,5 \text{ kg/m} \cong 0,345 \text{ kN/m}$$

Stěnové ztužidlo – TR (82,5;7)

$$A \cdot \rho_o = 13,0 \text{ kg/m} \cong 0,13 \text{ kN/m}$$

Nosníky obvodového pláště – IPE 240

$$A \cdot \rho_o = 30,7 \text{ kg/m} \cong 0,307 \text{ kN/m}$$

**ZÁZEMÍ**

stěnové ztužidlo – TR (82,5;7)

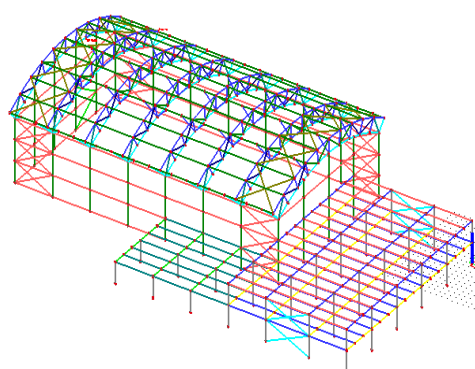
$$A \cdot \rho_o = 13,0 \text{ kg/m} \cong 0,13 \text{ kN/m}$$

Sloup zázemí – HEA 200

$$A \cdot \rho_o = 42,3 \text{ kg/m} \cong 0,423 \text{ kN/m}$$

Stropnice zázemí – IPE 200

$$A \cdot \rho_o = 22,4 \text{ kg/m} \cong 0,224 \text{ kN/m}$$



Průvlak zázemí – IPE 330

$$A \cdot \rho_o = 49,1 \text{ kg/m} \cong 0,491 \text{ kN/m}$$

### 3.2 Užitné zatížení střechy:

Kategorie H – střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav

$$q_k = 1,5000 \text{ kN/m}^2$$

Kategorie C

$$q_k = 3,0000 \text{ kN/m}^2$$

### 3.3 Zatížení sněhem:

III. sněhová oblast

$$\text{Uvažujeme } s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

#### Návěje

**Střechy sousedící a přiléhající k vyšším stavbám**

Tvarové součinitele zatížení sněhem, které se mají použít pro střechy přiléhající k vyšším stavbám jsou dány následujícími vztahy:

$$\mu_1 = 0,8 \text{ (nižší střecha je plochá)}$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

kde  $\mu_s$  je tvarový součinitel zatížení sněhem zohledňující sesuv sněhu z horní střechy, přičemž

$$\text{pro } \alpha \leq 15^\circ \text{ je } \mu_s = 0$$

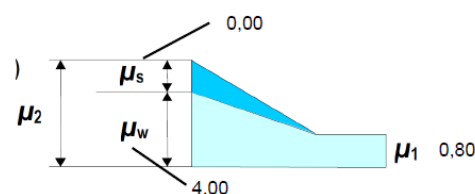
$\mu_w$  tvarový součinitel zatížení sněhem zohledňující působení větru

$$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma h/s_k \quad (49 + 21)/10,8 \leq (2 \cdot 10,8)$$

$$\mu = 6,48 \leq 21,6 \text{ .....úprava dle doporučení normy}$$

$$\mu = 4,00$$

kde  $\gamma$  je objemová tíha sněhu, kterou lze pro tento výpočet uvažovat hodnotou  $2 \text{ kN/m}^3$



### 3.4 Zatažení větrem: - HALA

II. větrová oblast, III. kategorie terénu,  $z = 15,17 \text{ m}$

$$v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$$

**Základná rychlost větru**

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 26 = 26 \text{ m/s}$$

**Součinitel terénu**

$$k_r = k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

**Součinitel drsnosti**

$$c_r(11,8) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{15,17}{0,3}\right) = 0,745$$

**Střední rychlost větru**

$$v_m(11,8) = c_r(11,8) \cdot c_o(11,8) \cdot v_b = 0,745 \cdot 1,0 \cdot 26 \cong 19,38 \text{ m/s}$$

**Intenzita turbulenci**

$$I_V(11,8) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z_1/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(15,17/0,3)} \cong 0,255$$

**Tlak větru**

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_V(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,255] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 19,38^2 \cong 680 \text{ N/m}^2$$

$$q_p(z) = 0,68 \text{ kN/m}^2$$

**Tlak větru na vnější povrchy**

$$W_e = q_p(z) \cdot c_{pe} = 0,68 \cdot c_{pe} \text{ kN/m}^2$$

**Tlak větru v jednotlivých oblastech konstrukce****Vítr      podélný směr A**

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{28; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow \underline{e_1 = 23,6 \text{ m}}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{14; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow \underline{e_1 = 12,8 \text{ m}}$$

**Svislé povrchy**

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,68 = -0,816 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,68 = -0,544 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,750 \cdot 0,68 = +0,510 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_D = -0,400 \cdot 0,68 = -0,272 \text{ kN/m}^2$$

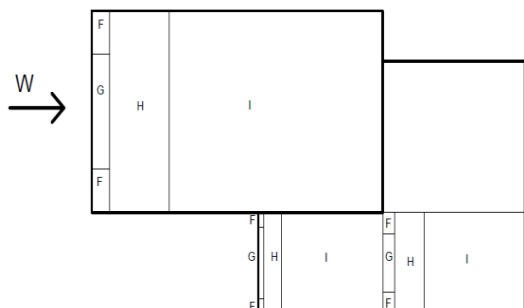
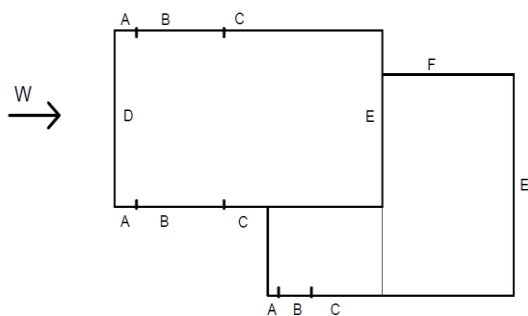
**Střecha**

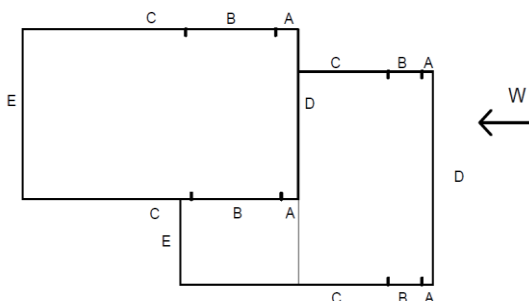
$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,68 = -1,156 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,68 = -0,884 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,5000 \rightarrow q_I = -0,5000 \cdot 0,68 = -0,34 \text{ kN/m}^2$$



**Vítr podélný směr B**

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{35; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_1 = 12,8 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{28; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_2 = 23,6 \text{ m}$$

**Svislé povrchy**

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,68 = -0,816 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,68 = -0,544 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,75 \cdot 0,68 = +0,510 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,400 \cdot 0,68 = -0,272 \text{ kN/m}^2$$

$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,68 = -0,068 \text{ kN/m}^2$$

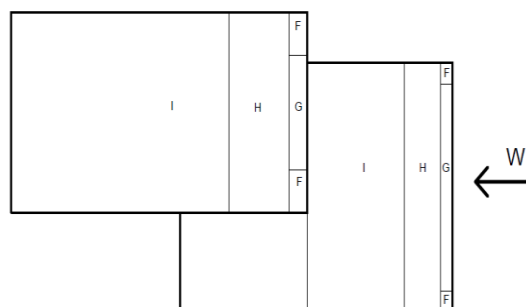
**Střecha**

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,68 = -1,156 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,68 = -0,884 \text{ kN/m}^2$$

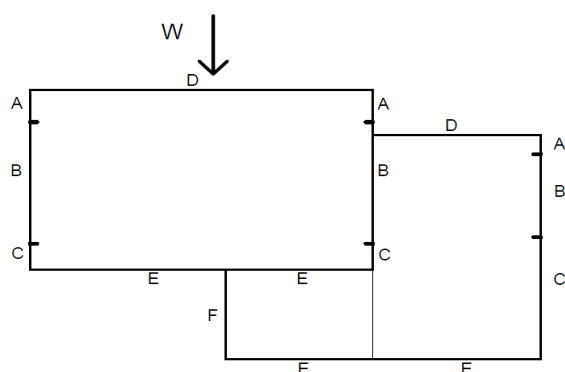
$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,5000 \rightarrow q_I = -0,5000 \cdot 0,68 = -0,34 \text{ kN/m}^2$$

**Vítr příčný směr A**

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{49; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_1 = 23,6 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{22; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_2 = 12,8 \text{ m}$$

**Svislé povrchy**

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,68 = -0,816 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,68 = -0,70 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,68 = -0,544 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,75 \cdot 0,68 = +0,51 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,4 \cdot 0,68 = -0,272 \text{ kN/m}^2$$

$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,68 = -0,068 \text{ kN/m}^2$$

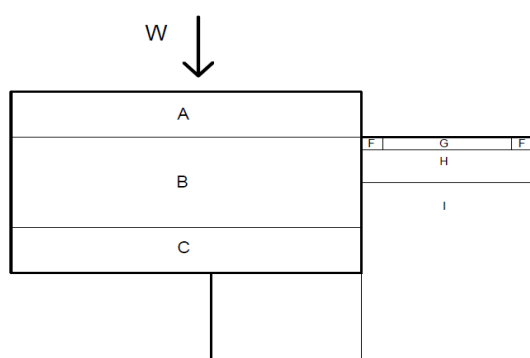
**Střecha**

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,68 = -1,156 \text{ kN/m}^2$$

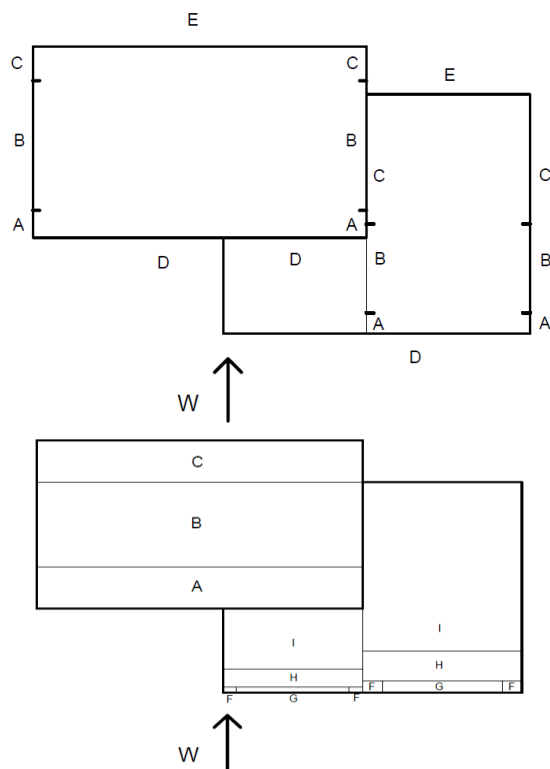
$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,68 = -0,884 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,6000 \rightarrow q_I = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$





**Vítr** *příčný směr B*

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{43; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow \underline{e_1 = 12,8 \text{ m}}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{49; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow \underline{e_2 = 23,6 \text{ m}}$$

**Svislé povrchy**

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,68 = -0,816 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,68 = -0,544 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,68 = -0,340 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,75 \cdot 0,68 = +0,51 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,4 \cdot 0,68 = -0,272 \text{ kN/m}^2$$

$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,68 = -0,068 \text{ kN/m}^2$$

**Střecha**

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,68 = -1,156 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,68 = -0,884 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,6000 \rightarrow q_I = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

**3.5 Zatížení větrem: - ZÁZEMÍ**

II. větrová oblast, II. kategorie terénu,  $z = 6,4 \text{ m}$

$$v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$$

**Základná rychlost větru**

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 26 = 26 \text{ m/s}$$

**Součinitel terénu**

$$k_r = k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

**Součinitel drsnosti**

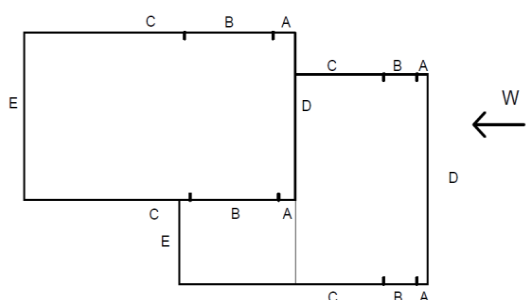
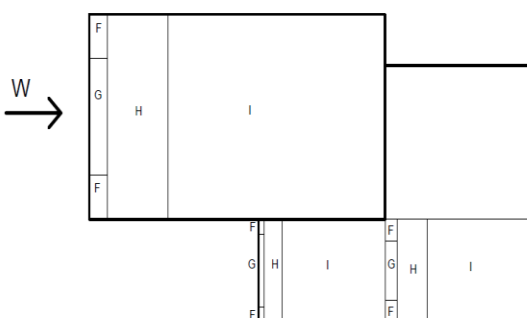
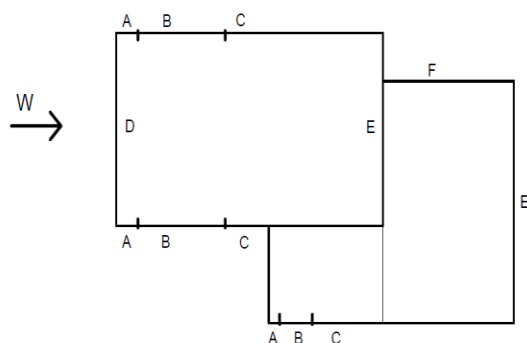
$$c_r(6,4) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{6,4}{0,3}\right) = 0,581$$

**Střední rychlost větru**

$$v_m(6,4) = c_r(6,4) \cdot c_o(6,4) \cdot v_b = 0,581 \cdot 1,0 \cdot 25 \cong 15,106 \text{ m/s}$$

**Intenzita turbulenci**

$$I_V(6,4) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z_1/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(6,4/0,3)} \cong 0,327$$



### Maximální dynamický tlak větru

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_V(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,327] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 15,106^2 \cong 470 \text{ N/m}^2$$

$$q_p(z) = 0,470 \text{ kN/m}^2$$

### Tlak větru na vnější povrchy

$$W_e = q_p(z) \cdot c_{pe} = 0,417 \cdot c_{pe} \text{ kN/m}^2$$

### Tlak větru v jednotlivých oblastech konstrukce

#### Vítr podélný směr A

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{28; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_1 = 23,6 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{14; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_2 = 12,8 \text{ m}$$

#### Svislé povrchy

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,47 = -0,564 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,47 = -0,376 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,75 \cdot 0,47 = +0,353 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,400 \cdot 0,47 = -0,188 \text{ kN/m}^2$$

$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,47 = -0,047 \text{ kN/m}^2$$

#### Střecha

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,47 = -0,799 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,47 = -0,611 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,47 = -0,282 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,5000 \rightarrow q_I = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2$$

#### Vítr podélný směr B

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{35; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_1 = 12,8 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{28; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_2 = 23,6 \text{ m}$$

#### Svislé povrchy

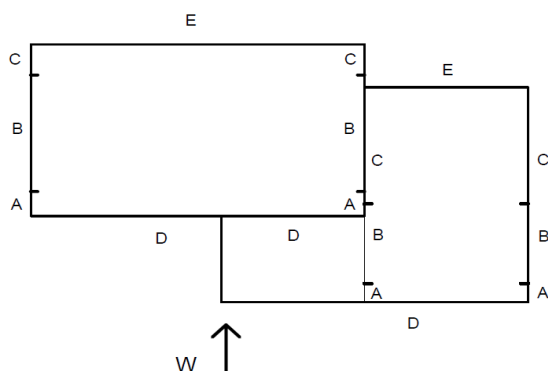
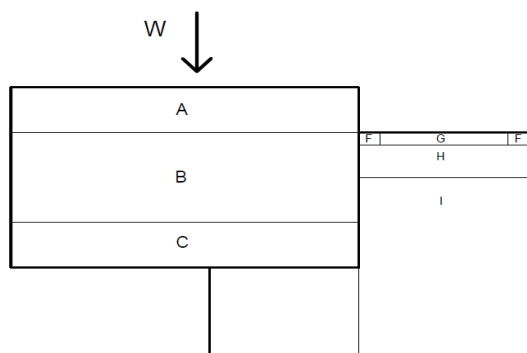
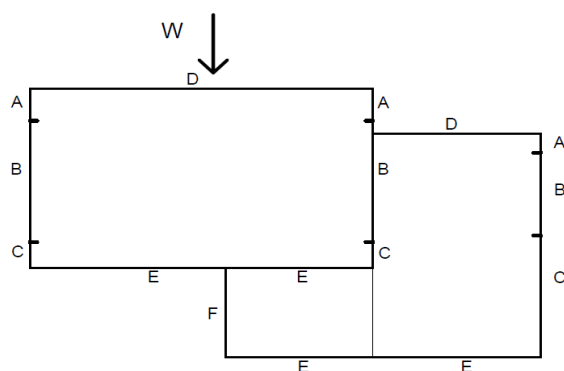
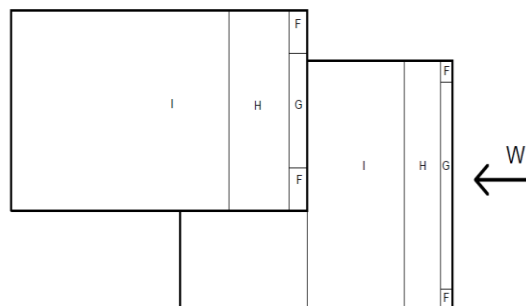
$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,47 = -0,564 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,47 = -0,376 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,75 \cdot 0,47 = +0,353 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,400 \cdot 0,47 = -0,188 \text{ kN/m}^2$$



$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,47 = -0,047 \text{ kN/m}^2$$

### Střecha

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,47 = -0,799 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,47 = -0,611 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,47 = -0,282 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,5000 \rightarrow q_I = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2$$

### Vítr příčný směr A

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{49; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_1 = 23,6 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{22; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_2 = 12,8 \text{ m}$$

### Svislé povrchy

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,47 = -0,564 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,47 = -0,376 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,750 \cdot 0,47 = +0,353 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,400 \cdot 0,47 = -0,188 \text{ kN/m}^2$$

$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,47 = -0,047 \text{ kN/m}^2$$

### Střecha

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,47 = -0,799 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,47 = -0,611 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,47 = -0,282 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,5000 \rightarrow q_I = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2$$

### Vítr příčný směr B

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{49; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_1 = 23,6 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{22; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_2 = 12,8 \text{ m}$$

### Svislé povrchy

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,47 = -0,564 \text{ kN/m}^2$$

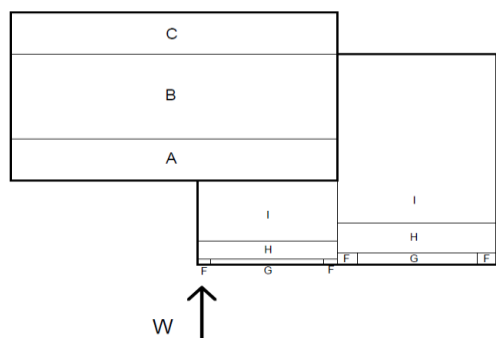
$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,47 = -0,376 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,750 \cdot 0,47 = +0,353 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,400 \cdot 0,47 = -0,188 \text{ kN/m}^2$$

$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,47 = -0,047 \text{ kN/m}^2$$



### Střecha

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,68 = -1,156 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,68 = -0,884 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,6000 \rightarrow q_I = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

## 4 Skupiny zatížení, zatěžovací stavy a kombinace

### 4.1 Skupiny zatížení (LG – load groups):

Zatížení je rozdělené do skupin:

Název	Typ zatížení	Špecifikácia	Typ skupiny	Zatěžovací stavy
<b>LG1</b>	stále	standard	společná	LC1, LC2
<b>LG2</b>	proměnné, krátkodobé	sníh	výběrové	LC3, LC4
<b>LG3</b>	proměnné, krátkodobé	vítr	výberová	LC5 – LC8
<b>LG4</b>	proměnné, krátkodobé	užitné, kat. C	výberová	LC9

Pozn.: Typ skupiny *společná* znamená, že do kombinací vstupují vždy všechny zatěžovací stavy z dané skupiny.

Typ skupiny *výběrová* znamená, že do kombinací vstupuje vždy jeden zatěžovací stav z dané skupiny anebo žádný.

### 4.2 Zatěžovací stavy (LC – load cases):

#### LG1 – skupina stálých zatažení:

- LC1 – Stálé zatížení od obvodového pláště  
 LC2 – Vlastní tíha konstrukce

#### LG2 – skupina krátkodobého zatížení, sníh:

- LC3 – Sníh plný  
 LC4 – Sníh návěje

#### LG3 – skupina proměnných krátkodobých zatažení, vítr:

- LC5 – Vítr 1:  $180^\circ \pm 45^\circ$  - podélný směr A  
 LC6 – Vítr 2:  $0^\circ \pm 45^\circ$  - podélný směr B  
 LC7 – Vítr 3:  $90^\circ \pm 45^\circ$  - příčný směr A  
 LC8 – Vítr 4:  $270^\circ \pm 45^\circ$  - příčný směr B

#### LG4 – skupina prom. krátkodobého zatažení, střechy kat. C:

- LC9 – Užitné zatížení

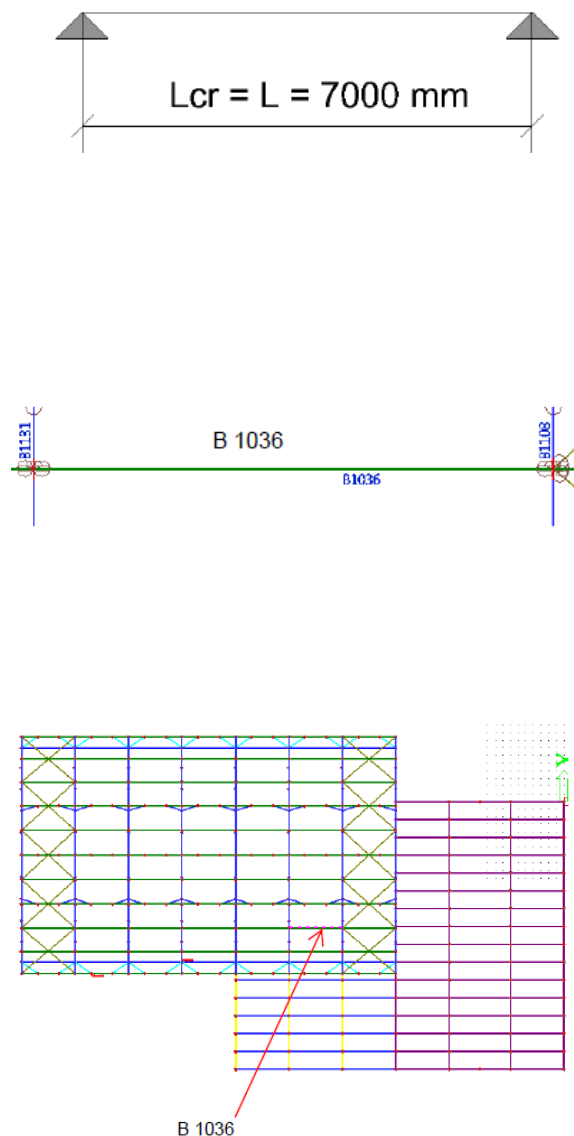
#### 4.3 Kombinace – pro MSÚ



#### 4.4 Kombinace – pro MSP







## 5 Posouzení jednotlivých prvků na MSÚ a MSP

### 5.1 Vaznice – HEA 220

#### Popis prvku:

Posuzování prvků: vaznice halové kce **B1036**

Profil: **HEA 220**

#### Návrhové vnitřní síly na prutu v krit. místě – 2,100 m:

$$N_{Ed} = -16,35 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 55,50 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -11,82 \text{ kNm}$$

#### Průřezové charakteristiky HEA 220:

$$A = 5,383 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \quad W_{el,y} = 388,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 3,692 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad W_{pl,y} = 429,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 1,336 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad W_{el,z} = 133,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_t = 20,980 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad W_{pl,z} = 203,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_\omega = 1,08 \cdot 10^{11} \text{ mm}^6$$

$$i_y = 82,8 \text{ mm}$$

$$i_z = 49,8 \text{ mm}$$

#### Parciální součinitele spolehlivosti materiálu:

Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):

- odolnost průřezu dané třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutová při posuzování ztráty stability prutu  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

#### Materiál:

**Ocel S 235:**  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

#### Posouzení na tlak:

Průřez třídy 1

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{Af_y/\gamma_{M0}} = \frac{17,84 \cdot 10^3}{5,383 \cdot 10^3 \cdot 235/1,00} = \frac{17840}{1265005} = 0,014$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,014 \leq 1,00$$

... vaznice vyhovuje na tlak

### **Posouzení ohybového momentu $M_y$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{56,14 \cdot 10^6}{4,295 \cdot 10^5 \cdot 235 / 1,00} = \frac{56140000}{100932500} = 0,56$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,56 \leq 1,00$$

... vaznice vyhovuje na ohybový moment  $M_y$

### **Posouzení ohybového momentu $M_z$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{12,02 \cdot 10^6}{203,8 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = 0,246$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,247 \leq 1,00$$

... vaznice vyhovuje na ohybový moment  $M_z$

### **Posouzení na kombinaci ohybu, osově a smykové síly:**

Průřez třídy 3 pro danou kombinaci namáhání.

**Posouzení:**

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} &= \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} = \\ &= \frac{17,84 \cdot 10^3}{5,383 \cdot 10^3 \cdot 235} + \frac{56,14 \cdot 10^6}{388,6 \cdot 10^3 \cdot 235} + \frac{12,02 \cdot 10^6}{133,6 \cdot 10^3 \cdot 235} = \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = 0,89 \leq 1,00$$

... vaznice vyhovuje na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

**VAZNICE VYHOVUJE NA ÚNOSNOST**

### **Posouzení pevnosti v prostém vzpěru:**

$$\begin{aligned} \text{Vzpěrné délky: } L_{cr,y} &= L \cdot k_y = 7000 \cdot 1,00 = 7000 \text{ mm} \\ L_{cr,z} &= L \cdot k_z = 7000 \cdot 1,00 = 7000 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Štíhlost při vybočení z hlavních rovin:**

$$\lambda_y = L_{cr,y} / i_y = 7000 / 82,8 = 84,541 \leq 200$$

$$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z = 7000 / 49,8 = 140,562 \leq 200$$

**Kritické Eulerovo zatížení:**

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,692 \cdot 10^7}{7000^2} = 1560 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,336 \cdot 10^7}{7000^2} = 564,53 \cdot 10^3 \text{ N}$$

**Relativně štíhlosti:**

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{5,383 \cdot 10^3 \cdot 235}{1560 \cdot 10^3}} = 0,9 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{5,383 \cdot 10^3 \cdot 235}{564,53 \cdot 10^3}} = 2,24 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Vzpěrné křivky, imperfekce  $\alpha$ :**

ČSN EN 1993-1-5, tab. 6.2, str. 58

Ztráta stability ohybem kolmo na osu: y-y křivka c  $\rightarrow \alpha = 0,6$   
 z-z křivka c  $\rightarrow \alpha = 0,6$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = \frac{17,84 \cdot 10^3}{1560 \cdot 10^3} = 0,01 < 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = \frac{17,84 \cdot 10^3}{564,23 \cdot 10^3} = 0,03 < 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = 0,01 < 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = 0,03 < 0,04$$

... velikost tlakové síly umožňuje zanedbat účinky prost. vzpěru

**Posouzení prostorového vzpěru:**

$$\text{Vzpěrná délka: } L_{cr,\omega} = L \cdot k_\omega = 7000 \cdot 1,00 = 7000 \text{ mm}$$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením:**

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 = 82,8^2 + 49,8^2 + 0^2 + 0^2 =$$

$$i_0^2 = 9335,88 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left( GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{L_{cr,\omega}^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{9335,88} \left( 81 \cdot 10^3 \cdot 20,98 \cdot 10^4 + \frac{\pi^2 210 \cdot 10^3 \cdot 1,08 \cdot 10^{11}}{7000^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = 2309,089 \text{ kN}$$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$N_{cr,y} = 1560 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = 564,53 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = 2309,089 \text{ kN}$$

$N_{cr,TF}$  – nejmenší koren rovnice:

$$i_0^2(N - N_{cr,y})(N - N_{cr,z})(N - N_{cr,T}) - N^2 y_0^2(N - N_{cr,z}) - N^2 z_0^2(N - N_{cr,y}) = 0$$

$$9335,88(N - 1560)(N - 564,53)(N - 2309,089) -$$

$$-N^2 0^2(N - 125,73) - N^2 0^2(N - 1070,44) = 0$$

$$N_1 = 2309,09 \text{ kN}$$

$$N_2 = \underline{1560 \text{ kN}}$$

$$N_3 = N_{cr,z} = 564,53 \text{ kN}$$

**Relativní štíhlost při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{5,383 \cdot 10^3 \cdot 235}{564,53 \cdot 10^3}} = 1,496 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} = \frac{16,35}{564,53} = 0,028 \leq 0,04$$

... velikost tlak. síly umožňuje zanedbat účinky prostorového vzpěru

**Posouzení klopení:**

$$L_{LT} = 7,0 \text{ m}$$

$$W_y = W_{el,y} = 388,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad (\text{pro průřezy třídy 3})$$

$$C_1 = 1,000$$

**Pružný kritický moment:**

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L_{LT}^2} \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{L_{LT}^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} =$$

$$M_{cr} = 1,000 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,336 \cdot 10^7}{7000^2} \sqrt{\frac{1,08 \cdot 10^{11}}{1,336 \cdot 10^7} + \frac{7000^2 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 20,98 \cdot 10^4}{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,336 \cdot 10^7}} =$$

$$M_{cr} = 110,32 \text{ kNm}$$

**Relativní štíhlost při klopení:**

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{388,6 \cdot 10^3 \cdot 235}{110,32 \cdot 10^6}} = 0,83 > \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

**Součinitel vzpěru při klopení:**

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] =$$

$$\phi_{LT} = 0,5[1 + 0,6(0,83 - 0,2) + 0,83^2] = 1,033$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,033 + \sqrt{1,033^2 - 0,83^2}} = 0,607$$

**Posouzení:**

*Průřez třídy 1*

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1}} = \frac{56,14 \cdot 10^6}{0,607 \cdot 429,5 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} =$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{56,14}{61,3} = 0,8$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,8 \leq 1,00$$

... vaznice vyhovuje na klopení

**Posouzení stability na tlak s ohybem:**

ČSN EN 1993-1-1, čl. 6.3.3, vzorce (6.61) a (6.62)

*Interakční metoda 2:*

**Faktory momentů:**

$$C_{my} = 0,900 \quad C_{mz} = 0,950 \quad C_{mLT} = 0,950$$

**Interakční faktory:**

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,900 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,90 \cdot \frac{16,35}{0,731 \cdot 1265,005 / 1,00} \right) = \underline{0,908}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,950 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{16,35}{0,171 \cdot 1265,005 / 1,00} \right) = \underline{0,976}$$

$$k_{yz} = \underline{0,578}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05}{(0,95 - 0,25)} \cdot \frac{16,35}{0,171 \cdot 1265,005 / 1,00} = \underline{0,998}$$

**Hodnoty pro výpočet:**

$$\Delta M_{yEd} = \Delta M_{zEd} = 0 \quad (\text{pro průřezy třídy 3})$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \cdot 5,383 \cdot 10^3 = \underline{1265,005 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{el,y} = 235 \cdot 388,6 \cdot 10^3 = \underline{91,321 \text{ kNm}}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{el,z} = 235 \cdot 133,6 \cdot 10^3 = \underline{31,396 \text{ kNm}}$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\lambda_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\lambda_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk}/\lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\lambda_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\lambda_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk}/\lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{17,84}{0,734 \cdot 1265,005} + 0,909 \cdot \frac{56,14+0}{0,607 \cdot 91,32} + 0,579 \cdot \frac{12,02+0}{31,396} = 0,$$

$$\frac{17,84}{0,171 \cdot 1265,005/1,00} + 0,988 \cdot \frac{56,14+0}{0,607 \cdot 91,32} + 0,976 \cdot \frac{12,02+0}{31,396} = 0,841$$

$$6.61: 0,01 + 0,68 + 0,110 = 0,79 \leq 1,00$$

$$6.62: 0,01 + 0,75 + 0,160 = 0,92 \leq 1,00$$

... vaznice vyhovuje na stabilitu při namáhání tlakem a ohybem

**VAZNICE VYHOVUJE NA STABILITU**

**5.2 Posouzení vaznice na MSP:**

**Výsledný průhyb – MSP, charakteristická kombinace:**

$$u_z = 32,3 \text{ mm}$$

$$u_y = 28,5 \text{ mm}$$

**Mezní průhyby:**

$$u_{z,max} = L/200 = 7000/200 = 35,00 \text{ mm}$$

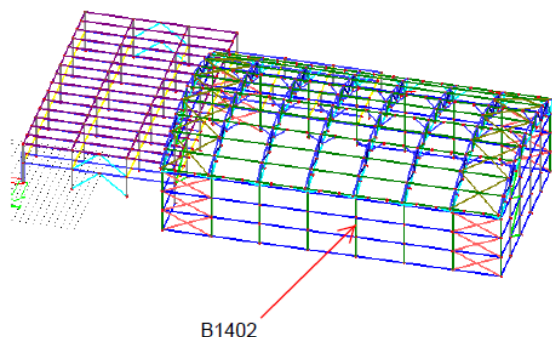
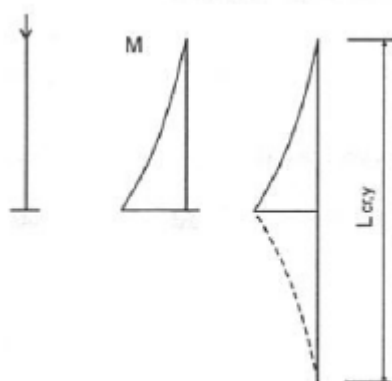
$$u_{y,max} = L/200 = 7000/200 = 35,00 \text{ mm}$$

$$u_z = 32,3 \text{ mm} \leq u_{z,max} = 35,00 \text{ mm}$$

$$u_y = 28,5 \text{ mm} \leq u_{y,max} = 35,00 \text{ mm}$$

... vaznice vyhovuje na mezní průhyby od charakt. kombinace

**VAZNICE VYHOVUJE NA POUŽÍVATELNOST**



### 5.3 Nosný sloup - HEA 340:

#### Popis prvku:

Posuzování prvek: sloup-podpora př.ob. vazníku **B1402**

Profil: **HEA 340**

#### Návrhové vnitřní síly na prutu v krit. místě:

$$N_{Ed} = -167,14 \text{ kN} \quad T_{Ed} \cong 0,0 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = -287,69 \text{ kNm} \quad V_{y,Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm} \quad V_{z,Ed} = -47,08 \text{ kN}$$

#### Průřezové charakteristiky HEA 340:

$$A = 13,35 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 27,69 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 7,436 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_t = 127,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 144 \text{ mm}$$

$$i_z = 74,6 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} = 4,495 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$W_{el,y} = 1,678 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 1,85 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 7,559 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

#### Parciální součinitele spolehlivosti materiálu:

Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):

- odolnost průřezu kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutu při posuzování ztráty stability prutu  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

#### Materiál:

Ocel S 235:  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

#### Posouzení na tlak:

Průřez třídy 1

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} = \frac{167,14 \cdot 10^3}{13,35 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{167,14}{3137,25} = 0,05$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,05 \leq 1,00$$

...nosný sloup vyhovuje na tlak

### **Posouzení ohybového momentu $M_y$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{287,69 \cdot 10^6}{1,85 \cdot 10^6 \cdot 235 / 1,00} = \frac{287,69}{434,75} = 0,66$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,66 \leq 1,00$$

... nosný sloup vyhovuje na ohybový moment  $M_y$

### **Posouzení ohybového momentu $M_z$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{0,00}{7,559 \cdot 10^5 \cdot 235 / 1,00} = \frac{0,00}{188,54} = 0,00$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... nosný sloup vyhovuje na ohybový moment  $M_z$

### **Posouzení na smyk $V_y$ :**

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{V_{y,Ed}}{A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} = \frac{0,00}{4,495 \cdot 10^3 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,00} =$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{0,00}{609,869} = 0,00$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... nosný sloup vyhovuje na smyk  $V_y$

### **Posouzení na smyk $V_z$ :**

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{V_{z,Ed}}{A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} = \frac{47,08 \cdot 10^3}{4,495 \cdot 10^3 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,00} =$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{47,08}{609,869} = 0,08$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = 0,08 \leq 1,00$$

... nosný sloup vyhovuje na smyk  $V_z$

### **Posouzení na kombinaci ohybu, osové a smykové síly:**

Průřez třídy 1 pro danou kombinaci namáhání.

Posouzení:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{167,14}{3137,25} \cong 0,05$$



$$a = \frac{A - 2bt_f}{A} = \frac{14280 - 2 \cdot 300 \cdot 17,5}{14280} = 0,2647$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \frac{1-n}{1-0,5a} = 490,6 \cdot \frac{1-0,05}{1-0,5 \cdot 0,2647}$$

$$M_{N,y,Rd} = 490,6 \cdot 1,095 \rightarrow M_{N,y,Rd} = 490,6 \cdot 1,0 =$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \underline{490,6 \text{ kNm}} \quad (M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd})$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \underline{188,54 \text{ kNm}} \quad (\text{pre } n \leq a)$$

$$\alpha = 2; \beta = 5n \text{ ale } \beta \geq 1 \rightarrow \alpha = 2; \beta = 1$$

$$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta = \left[ \frac{287,69}{490,6} \right]^2 + \left[ \frac{0,00}{188,54} \right]^1 = 0,514$$

$$0,514 \leq 1,00$$

... nosný sloup vyhovuje na komb. ohybu, osové a smyk. sily

### **NOSNÝ SLOUP VYHOVUJE NA ÚNOSNOST**

#### **Posouzení klopení:**

$$L_{LT} = 3,2 \text{ m}$$

$$W_y = W_{pl,y} = 2,088 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \quad (\text{pro průřezy třídy 1})$$

$$C_1 \cong 1,31$$

#### **Pružný kritický moment:**

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L_{LT}^2} \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{L_{LT}^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} =$$

$$M_{cr} = 1,31 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 7,887 \cdot 10^7}{3200^2} \sqrt{\frac{2,177 \cdot 10^{12}}{7,887 \cdot 10^7} + \frac{3200^2 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 1,488 \cdot 10^6}{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 7,887 \cdot 10^7}} =$$

$$M_{cr} = 3917,3 \text{ kNm}$$

#### **Relativní štíhlost při klopení:**

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,088 \cdot 10^6 \cdot 235}{3917,3 \cdot 10^6}} = 0,354 \leq \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,354 \leq \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

... štíhlost umožňuje zanedbat účinky klopení

**Posouzení na boulení stěny:**

ČSN EN 1993-1-5: 5., 7.1. a vzorce (5.10) a (7.1):

$$\frac{h_w}{t} = \frac{330 - 2 \cdot 16,5}{10,0} \cong 31,3$$

$$\frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1}{1,2} = 60,00$$

$$\frac{h_w}{t} = 26,5 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60,00$$

... štíhlost stěny umožňuje zanedbat posouzení ztráty stab. smykem

**Posouzení pevnosti v rovinném vzpěru:**

**Vzpěrné délky:**  $L_{cr,y} = L \cdot k_y = 9600 \cdot 2,00 = 19200 \text{ mm}$   
 $L_{cr,z} = L \cdot k_z = 3200 \cdot 1,00 = 3200 \text{ mm}$

**Štíhlost při vybočení z hlavních rovin:**

$$\lambda_y = L_{cr,y}/i_y = 19200/144 = 133,3 \leq 200$$

$$\lambda_z = L_{cr,z}/i_z = 3200/74,3 = 43,1 \leq 200$$

**Kritické Eulerovo zatížení:**

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,692 \cdot 10^7}{19200^2} = 1602 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,336 \cdot 10^7}{3200^2} = 15065 \cdot 10^3 \text{ N}$$

**Relativní štíhlosti:**

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{13,35 \cdot 10^3 \cdot 235}{1602 \cdot 10^3}} = 1,399 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{13,35 \cdot 10^3 \cdot 235}{15065 \cdot 10^3}} = 0,46 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Vzpěrné křivky, imperfekce  $\alpha$ :**

ČSN EN 1993-1-5, tab. 6.2, str. 58

Ztráta stability ohybem kolmo na osu

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = \frac{167,14 \cdot 10^3}{1602 \cdot 10^3} = 0,104 > 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = \frac{167,14 \cdot 10^3}{15065 \cdot 10^3} = 0,01 < 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = 0,104 > 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = 0,01 < 0,04$$

... velikost tlakové síly neumožňuje zanedbat účinky prost. Vzpěru

### **Posouzení prostorového vzpěru:**

**Vzpěrná délka:**  $L_{cr,\omega} = L \cdot k_{\omega} = 3200 \cdot 1,00 = 3200 \text{ mm}$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením:**

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 = 144^2 + 74,6^2 + 0 + 0 =$$

$$i_0^2 = 26301 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left( G I_t + \frac{\pi^2 E I_w}{L_{cr,\omega}^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{26301} \left( 81 \cdot 10^3 \cdot 127,2 \cdot 10^4 + \frac{\pi^2 210 \cdot 10^3 \cdot 1,824 \cdot 10^{12}}{3200^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = 17940,1 \text{ kN}$$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$N_{cr,y} = 1602 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = 15065 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = 17940,1 \text{ kN}$$

$N_{cr,TF}$  – nejmenší koreň rovnice:

$$i_0^2 (N - N_{cr,y})(N - N_{cr,z})(N - N_{cr,T}) - N^2 y_0^2 (N - N_{cr,z}) - N^2 z_0^2 (N - N_{cr,y}) = 0$$

$$26301(N - 1602)(N - 15065)(N - 17940) -$$

$$-N^2 0^2 (N - 15065) - N^2 0^2 (N - 1602) = 0$$

$$N_1 = 1602 \text{ kN} = N_{cr,TF}$$

$$N_2 = 15065 \text{ kN}$$

$$N_3 = 17940,1 \text{ kN}$$

**Relativní štíhlost při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{13,35 \cdot 10^3 \cdot 235}{1602 \cdot 10^3}} = 1,39 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} = \frac{568,48}{1602} = 0,36 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na prostorového vzpěru

**Posouzení stability na tlak s ohybem:**

ČSN EN 1993-1-1, čl. 6.3.3, vzorce (6.61) a (6.62)

Interakční metoda 2:

**Faktory momentů:**

$$C_{my} = 0,900 \quad C_{mz} = 0,400 \quad C_{mLT} = 0,795$$

**Interakční faktory:**

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,900 \left( 1 + 0,47 \cdot \frac{167,14}{1,0 \cdot 3137,25 / 1,00} \right) = \underline{0,922}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,400 \left( 1 + (2 \cdot 0,44 - 0,6) \cdot \frac{167,14}{1,0 \cdot 3137,25 / 1,00} \right) = \underline{0,402}$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,427$$

$$k_{zy} = 0,6k_{yy} = 0,553$$

**Hodnoty pro výpočet:**

$$\Delta M_{yEd} = \Delta M_{zEd} = 0 \quad (\text{pro průřezy třídy 1})$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \cdot 13,35 \cdot 10^3 = \underline{3137,25 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{el,y} = 235 \cdot 1,678 \cdot 10^6 = \underline{394,33 \text{ kNm}}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{el,z} = 235 \cdot 495,7 \cdot 10^3 = \underline{116,5 \text{ kNm}}$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \lambda_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \lambda_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{162,1}{0,743 \cdot 3137,25} + 0,922 \cdot \frac{287,69+0}{0,945 \cdot 394,33} + 0,427 \cdot \frac{0+0}{116,5} = 0,$$

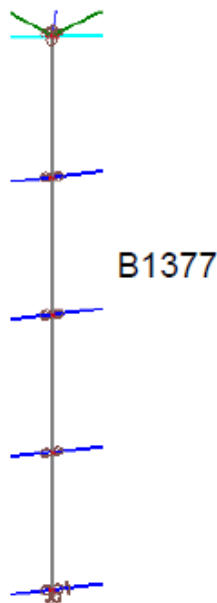
$$\frac{162,1}{0,876 \cdot 3137,25 / 1,00} + 0,53 \cdot \frac{287,69+0}{0,945 \cdot 394,33} + 0,402 \cdot \frac{0,0+0}{116,5} = 0,841$$

$$6.61: \quad 0,06 + 0,71 + 0,00 = 0,77 \leq 1,00$$

$$6.62: \quad 0,06 + 0,43 + 0,00 = 0,49 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na stabilitu při namáhání tlakem a ohybem

**NOSNÝ SLOUP VYHOVUJE NA STABILITU**



#### 5.4 Sloup štítové stěny – HEA 240:

##### Popis prvku:

Posuzovaný prvek: sloup štítové stěny **B1377**

Profil: HEA 240

##### Návrhové vnitřní síly na prutu v krit. místě:

$$N_{Ed} = -33,99 \text{ kN} \quad T_{Ed} \cong 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = -132,82 \text{ kNm} \quad V_{y,Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm} \quad V_{z,Ed} = -43,23 \text{ kN}$$

##### Průřezové charakteristiky HEA 240:

$$A = 7,684 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 7,763 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 2,769 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_t = 41,55 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 101 \text{ mm}$$

$$i_z = 60 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} = 2,518 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$W_{el,y} = 6,751 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 7,446 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 3,517 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

##### Parciální součinitelé spolehlivosti materiálu:

Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):

- odolnost průřezu kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutu při posuzování ztráty stability prutu  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

##### Materiál:

**Ocel S 235:**  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

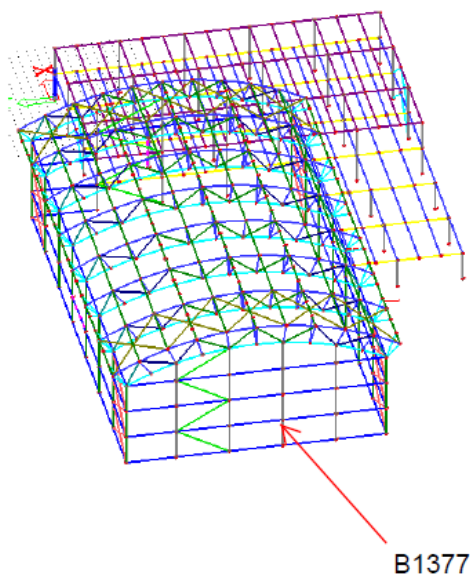
##### Posouzení na tlak:

Průřez třídy 1

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} = \frac{33,99 \cdot 10^3}{7,684 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{33,99}{1805,74} = 0,02$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,02 \leq 1,00$$

...sloup vyhovuje na tlak



### **Posouzení ohybového momentu $M_y$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{132,82 \cdot 10^6}{7,446 \cdot 10^5 \cdot 235 / 1,00} = \frac{132,82}{174,981} = 0,76$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,76 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na ohybový moment  $M_y$

### **Posouzení ohybového momentu $M_z$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{0,00 \cdot 10^6}{3,517 \cdot 10^5 \cdot 235 / 1,00} = \frac{0,00}{82,65} = 0,00$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na ohybový moment  $M_z$

### **Posouzení na smyk $V_y$ :**

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{V_{y,Ed}}{A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} = \frac{0,00 \cdot 10^3}{2,518 \cdot 10^3 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,00} =$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{0,14}{341,635} = 0,00$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na smyk  $V_y$

### **Posouzení na smyk $V_z$ :**

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{V_{z,Ed}}{A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} = \frac{43,23 \cdot 10^3}{2,518 \cdot 10^3 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,00} =$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{43,23}{341,635} = 0,13$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = 0,13 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na smyk  $V$

### **Posouzení pevnosti v rovinném vzpěru:**

**Vzpěrné délky:**  $L_{cr,y} = L \cdot k_y = 12900 \cdot 0,9 = 11610 \text{ mm}$

$$L_{cr,z} = L \cdot k_z = 3200 \cdot 1,00 = 3200 \text{ mm}$$

**Štíhlost při vybočení z hlavních rovin:**

$$\lambda_y = L_{cr,y} / i_y = 11610 / 101 = 114,9 \leq 200$$

$$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z = 3200 / 60 = 53,33 \leq 200$$

**Kritické Eulerovo zatížení:**

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 7,763 \cdot 10^7}{11610^2} = 1745,85 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,769 \cdot 10^7}{3200^2} = 5604,52 \cdot 10^3 \text{ N}$$

**relativní štíhlosti:**

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{7,684 \cdot 10^3 \cdot 235}{1745,85 \cdot 10^3}} = 1,017 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{5,383 \cdot 10^3 \cdot 235}{5604 \cdot 10^3}} = 0,46 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Vzpěrné křivky, imperfekce  $\alpha$ :**

ČSN EN 1993-1-5, tab. 6.2, str. 58

Ztráta stability ohybem kolmo na osu

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = \frac{33,99 \cdot 10^3}{1745,85 \cdot 10^3} = 0,02 < 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = \frac{33,99 \cdot 10^3}{5604 \cdot 10^3} = 0,006 < 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = 0,02 < 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = 0,006 < 0,04$$

... velikost tlakové síly umožňuje zanedbat účinky prost. vzpěru

**Posouzení na kombinaci ohybu, osově a smykové síly:**

Průřez třídy 1 pro danou kombinaci namáhání.

**Posouzení:**

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{33,99}{1805,74} \cong 0,03$$

$$\alpha = \frac{A - 2bt_f}{A} = \frac{7684 - 2 \cdot 240 \cdot 12}{7684} = 0,25$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \frac{1-n}{1-0,5\alpha} = 174,981 \cdot \frac{1-0,03}{1-0,5 \cdot 0,25}$$

$$M_{N,y,Rd} = 174,981 \cdot 1,112 \rightarrow M_{N,y,Rd} = 174,981 \cdot 1,0 =$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \underline{174,981 \text{ kNm}} \quad (M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd})$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \underline{82,65 \text{ kNm}} \quad (\text{při } n \leq a)$$

$$\alpha = 2; \beta = 5n \text{ ale } \beta \geq 1 \rightarrow \alpha = 2; \beta = 1$$

$$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta = \left[ \frac{132,82}{174,981} \right]^2 + \left[ \frac{0,00}{82,65} \right]^1 = 0,58$$

$$0,58 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na komb. ohybu, osově a smyk. síly

### SLOUP VYHOVUJE NA ÚNOSNOST

#### Posouzení klopení:

$$L_{LT} = 3,2 \text{ m}$$

$$W_y = W_{pl,y} = 7,446 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \quad (\text{pro průřezy třídy 1})$$

$$C_1 \cong 1,78$$

#### Pružný kritický moment:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L_{LT}^2} \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{L_{LT}^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} =$$

$$M_{cr} = 1,78 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,769 \cdot 10^7}{3200^2} \sqrt{\frac{3,285 \cdot 10^{11}}{2,769 \cdot 10^7} + \frac{3200^2 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 4,155 \cdot 10^5}{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,769 \cdot 10^7}} =$$

$$M_{cr} = 1332,5 \text{ kNm}$$

#### Relativní štíhlost při klopení:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{7,446 \cdot 10^5 \cdot 235}{1332,5 \cdot 10^6}} = 0,362 \leq \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,362 \leq \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

... štíhlost umožňuje zanedbat účinky klopení

#### Posouzení na boulení stěny:

ČSN EN 1993-1-5: 5., 7.1. a vzorce (5.10) a (7.1):

$$\frac{h_w}{t} = \frac{240 - 2 \cdot 12,0}{7,5} = \frac{216}{7,5} \cong 28,8$$

$$\frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1}{1,2} = 60,00$$

$$\frac{h_w}{t} = 28,8 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60,00$$

... štíhlost stěny umožňuje zanedbat posouzení ztráty stab. Smykem



**Posouzení stability na tlak s ohybem:**

ČSN EN 1993-1-1, čl. 6.3.3, vzorce (6.61) a (6.62)

Interakční metoda 2:

**Faktory momentů:**

$$C_{my} = 0,900 \quad C_{mz} = 0,770 \quad C_{mLT} = 0,600$$

**Interakční faktory:**

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,900 \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{33,99}{1,0 \cdot 1805 / 1,00} \right) = \underline{0,904}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,770 \left( 1 + (2 \cdot 0,44 - 0,6) \cdot \frac{162,1}{1,0 \cdot 3137,25 / 1,00} \right) = \underline{0,772}$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,463$$

$$k_{zy} = 0,6k_{yy} = 0,542$$

**Hodnoty pro výpočet:**

$$\Delta M_{yEd} = \Delta M_{zEd} = 0 \quad (\text{pro průřezy třídy 1})$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \cdot 7,684 \cdot 10^3 = \underline{1805,74 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{el,y} = 235 \cdot 6,751 \cdot 10^5 = \underline{158,65 \text{ kNm}}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{el,z} = 235 \cdot 230,7 \cdot 10^3 = \underline{54,21 \text{ kNm}}$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \lambda_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \lambda_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{33,99}{0,584 \cdot 1805,74} + 0,904 \cdot \frac{132,82+0}{0,982 \cdot 158,65} + 0,463 \cdot \frac{0,00+0}{54,21} = 0,$$

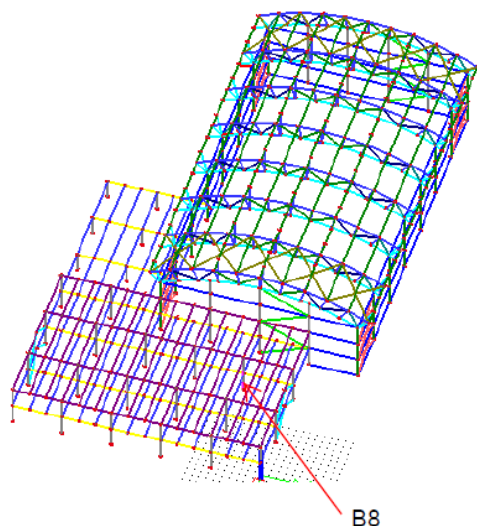
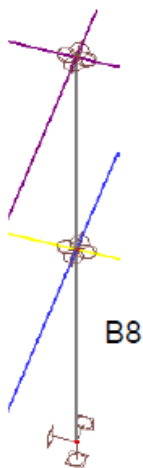
$$\frac{33,92}{0,876 \cdot 1805,74 / 1,00} + 0,542 \cdot \frac{132,82+0}{0,945 \cdot 158,65} + 0,772 \cdot \frac{0,00+0}{54,21} = 0,841$$

$$6.61: \quad 0,03 + 0,76 + 0,00 = 0,79 \leq 1,00$$

$$6.62: \quad 0,03 + 0,48 + 0,00 = 0,51 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na stabilitu při namáhání tlakem a ohybem

**SLOUP VYHOVUJE NA STABILITU**



## 5.5 Sloup zázemí - HEA 240:

### Popis prvku:

posuzovaný prvek: sloup zázemí B8

Profil: HEA 240

### Návrhové vnitřní síly na prutu v krit. místě:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= -568,48 \text{ kN} & T_{Ed} &\cong 0,00 \text{ kNm} \\ M_{y,Ed} &= 22,81 \text{ kNm} & V_{y,Ed} &= -3,63 \text{ kN} \\ M_{z,Ed} &= 11,65 \text{ kNm} & V_{z,Ed} &= -0,18 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Průřezové charakteristiky HEA 240:

$$\begin{aligned} A &= 7,684 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 & A_{v,z} &= 2,518 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ I_y &= 7,763 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 & W_{el,y} &= 6,751 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\ I_z &= 2,769 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 & W_{pl,y} &= 7,446 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\ I_t &= 41,55 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & W_{pl,z} &= 3,517 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\ i_y &= 101 \text{ mm} \\ i_z &= 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

### Parciální součinitele spolehlivosti materiálu:

Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):

- odolnost průřezu kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutu při posuzování straty stability prutu  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

### Materiál:

**Ocel S 235:**  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$   
 $E = 210 \text{ GPa}$   
 $G = 81 \text{ GPa}$

### Posouzení na tlak:

Průřez třídy 1

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} = \frac{568,48 \cdot 10^3}{7,684 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{568,48}{1265,005} = 0,45$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,45 \leq 1,00$$

...sloup vyhovuje na tlak

**Posouzení ohybového momentu  $M_y$ :***Průřez třídy 1*

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{22,81 \cdot 10^6}{7,446 \cdot 10^5 \cdot 235 / 1,00} = \frac{22,81}{100,93} = 0,23$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,23 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na ohybový moment  $M_y$ **Posouzení ohybového momentu  $M_z$ :***Průřez třídy 1*

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{11,65 \cdot 10^6}{3,517 \cdot 10^5 \cdot 235 / 1,00} = \frac{11,65}{47,89} = 0,24$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,24 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na ohybový moment  $M_z$ **Posouzení na smyk  $V_y$ :**

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{V_{y,Ed}}{A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} = \frac{3,63 \cdot 10^3}{2,518 \cdot 10^3 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,00} =$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{3,63}{245,304} = 0,015$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = 0,015 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na smyk  $V_y$ **Posouzení na smyk  $V_z$ :**

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{V_{z,Ed}}{A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} = \frac{5,73 \cdot 10^3}{2,518 \cdot 10^3 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,00} =$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{5,73}{245,304} = 0,023$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = 0,023 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na smyk  $V_z$ **Posouzení pevnosti v rovinném vzpěru:**

$$\text{Vzpěrné délky: } L_{cr,y} = L \cdot k_y = 3200 \cdot 1,0 = 3200 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = L \cdot k_z = 3200 \cdot 1,0 = 3200 \text{ mm}$$

**Štíhlost při vybočení z hlavních rovin:**

$$\lambda_y = L_{cr,y} / i_y = 3200 / 101 = 63,33 \leq 200$$

$$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z = 3200 / 60 = 53,33 \leq 200$$

**Kritické Eulerovo zatížení:**

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 7,763 \cdot 10^7}{3200^2} = 15705,38 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,769 \cdot 10^7}{3200^2} = 5604,52 \cdot 10^3 \text{ N}$$

**relativní štíhlosti:**

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{7,684 \cdot 10^3 \cdot 235}{15705,38 \cdot 10^3}} = 0,68 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{5,383 \cdot 10^3 \cdot 235}{5604 \cdot 10^3}} = 0,46 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Vzpěrné křivky, imperfekce  $\alpha$ :**

ČSN EN 1993-1-5, tab. 6.2, str. 58

Ztráta stability ohybem kolmo na osu

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = \frac{568,48 \cdot 10^3}{15705,38 \cdot 10^3} = 0,036 < 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = \frac{568,48 \cdot 10^3}{5604 \cdot 10^3} = 0,101 > 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = 0,036 < 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = 0,101 > 0,04$$

... velikost tlakové síly neumožňuje zanedbat účinky prost. vzpěru

**Posouzení prostorového vzpěru:**

$$\text{Vzpěrná délka: } L_{cr,\omega} = L \cdot k_\omega = 3200 \cdot 1,00 = 3200 \text{ mm}$$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením:**

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 = 101^2 + 60^2 + 0 + 0 =$$

$$i_0^2 = 13801 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left( GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{L_{cr,\omega}^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{13801} \left( 81 \cdot 10^3 \cdot 41,55 \cdot 10^4 + \frac{\pi^2 210 \cdot 10^3 \cdot 3,285 \cdot 10^{11}}{3200^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = 7251,49 \text{ kN}$$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$N_{cr,y} = 3924,17 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = 5604,52 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = 7251,49 \text{ kN}$$

$N_{cr,TF}$  – nejmenší koreň rovnice:

$$i_0^2(N - N_{cr,y})(N - N_{cr,z})(N - N_{cr,T}) - N^2 y_0^2(N - N_{cr,z}) - N^2 z_0^2(N - N_{cr,y}) = 0$$

$$13801(N - 3924,17)(N - 5604,52)(N - 7251,49) -$$

$$-N^2 0^2(N - 5485,17) - N^2 0^2(N - 15377,89) = 0$$

$$N_1 = 3924,17 \text{ kN} = N_{cr,TF}$$

$$N_2 = 7251,49 \text{ kN}$$

$$N_3 = 5604,52 \text{ kN}$$

**Relativní štíhlost při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{7,684 \cdot 10^3 \cdot 235}{3924,17 \cdot 10^3}} = 0,68 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} = \frac{568,48}{3924,17} = 0,14 \leq 1,00$$

... sloup zázemí vyhovuje na prostorového vzpěru

**Posouzení na kombinaci ohybu, osově a smykové síly:**

Průřez třídy 1 pro danou kombinaci namáhání.

**Posouzení:**

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{568,48}{1265,005} \cong 0,44$$

$$a = \frac{A - 2bt_f}{A} = \frac{5383 - 2 \cdot 200 \cdot 10}{5383} = 0,26$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \frac{1-n}{1-0,5a} = 100,93 \cdot \frac{1-0,44}{1-0,5 \cdot 0,26}$$

$$M_{N,y,Rd} = 100,93 \cdot 0,62 \rightarrow M_{N,y,Rd} = 100,93 \cdot 0,62 = 62,65$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \underline{62,65 \text{ kNm}} \quad (M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd})$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \underline{47,89 \text{ kNm}} \quad (\text{při } n \leq a)$$

$$\alpha = 2; \beta = 5n \text{ ale } \beta \geq 1 \rightarrow \alpha = 2; \beta = 1$$

$$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta = \left[ \frac{22,81}{62,65} \right]^2 + \left[ \frac{11,65}{47,89} \right]^1 = 0,38$$

$$0,38 \leq 1,00$$

... sloup vyhovuje na komb. ohybu, osově a smyk. síly

**NOSNÝ SLOUP VYHOVUJE NA ÚNOSNOST**

**Posouzení klopení:**

$$L_{LT} = 3,2 \text{ m}$$

$$W_y = W_{pl,y} = 7,447 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \quad (\text{pro průřezy třídy 1})$$

$$C_1 \cong 1,56$$

**Pružný kritický moment:**

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L_{LT}^2} \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{L_{LT}^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} =$$

$$M_{cr} = 1,56 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,769 \cdot 10^7}{3200^2} \sqrt{\frac{1,08 \cdot 10^{11}}{2,769 \cdot 10^7} + \frac{3200^2 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 41,55 \cdot 10^5}{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,769 \cdot 10^7}} =$$

$$M_{cr} = 1842,6 \text{ kNm}$$

**Relativní štíhlost při klopení:**

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{7,447 \cdot 10^5 \cdot 235}{1842,6 \cdot 10^6}} = 0,234 \leq \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,234 \leq \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

... štíhlost umožňuje zanedbat účinky klopení

**Posouzení na boulení stěny:**

ČSN EN 1993-1-5: 5., 7.1. a vzorce (5.10) a (7.1):

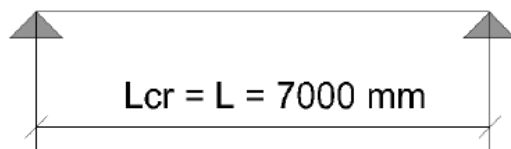
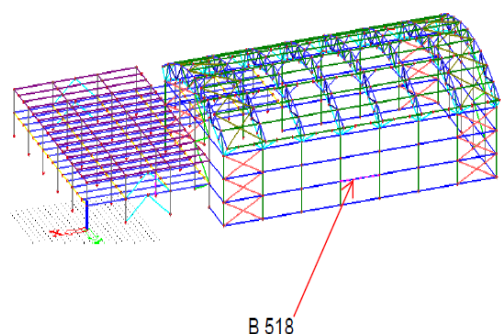
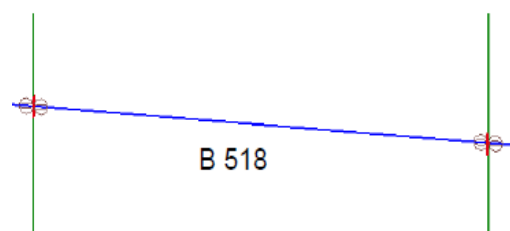
$$\frac{h_w}{t} = \frac{200 - 2 \cdot 10,0}{7,5} = \frac{180}{6,5} \cong 27,7$$

$$\frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1}{1,2} = 60,00$$

$$\frac{h_w}{t} = 27,7 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60,00$$

... štíhlost stěny umožňuje zanedbat posouzení ztráty stab. smykem

**SLOUP VYHOVUJE NA STABILITU**



## 5.6 Nosník obvodového pláště - IPE 240:

### Popis prvku:

Posuzovaný prvek: nosník obvodového pláště **B518**

Profil: **IPE 240**

### Návrhové vnitřní síly na prute v krit. místě:

$$N_{Ed} = -78,86 \text{ kN} \quad T_{Ed} \cong 0,000 \text{ (0) kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 3,97 \text{ kNm} \quad V_{y,Ed} = 0,000 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = -5,6 \text{ kNm} \quad V_{z,Ed} = 0,000 \text{ kN}$$

### Průřezové charakteristiky IPE 240:

$$A = 3,852 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \quad W_{el,y} = 2,999 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 3,599 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad W_{pl,y} = 3,469 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 3,109 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_{el,z} = 50,08 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_t = 15,14 \cdot 10^3 \text{ mm}^4 \quad W_{pl,z} = 92,18 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_\omega = 26,420 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$i_y = 96,7 \text{ mm}$$

$$i_z = 36,1 \text{ mm}$$

### Parciální součinitele spolehlivosti materiálu:

Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):

- odolnost průřezů kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutů při posuzování straty stability prutů  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

### Materiál:

**Ocel S 235:**  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

### Posouzení na tlak:

Průřez třídy 1

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} = \frac{78,86 \cdot 10^3}{3,852 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{78,86}{905,22} = 0,10$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,10 \leq 1,00$$

... nosník obvodového pláště vyhovuje na tlak

### **Posouzení ohybového momentu $M_y$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{3,97 \cdot 10^6}{3,469 \cdot 10^5 \cdot 235 / 1,00} = \frac{3,97}{81,52} = 0,05$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,05 \leq 1,00$$

... nosník obvodového pláště vyhovuje na ohybový moment  $M_y$

### **Posouzení ohybového momentu $M_z$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{5,6 \cdot 10^6}{92,18 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{5,6}{216,623} = 0,03$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,03 \leq 1,00$$

... nosník obvodového pláště vyhovuje na ohybový moment  $M_z$

### **Posouzení na smyk $V_z$ :**

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{V_{z,Ed}}{A_z (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} = \frac{0,0 \cdot 10^3}{1,877 \cdot 10^3 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,00} =$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{0,0}{254,7} = 0,00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... nosník obvodového pláště vyhovuje na smyk  $V_z$

### **Posouzení na kombinaci ohybu, osové a smykové síly:**

Průřez třídy 1 pro danou kombinaci namáhání.

**Posouzení:**

$$\frac{\sum \sigma_i}{f_y} + \frac{\sum \tau_i}{f_y / \sqrt{3}} = \frac{\frac{0,025 \cdot 10^3}{2,17 \cdot 10^3} + \frac{5,478 \cdot 10^6}{114,00 \cdot 10^3} + \frac{1,386 \cdot 10^6}{22,600 \cdot 10^3}}{235} + \frac{78,86 \cdot 10^3}{1,00625 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot \sqrt{3}} =$$

$$\frac{0,01 + 48,05 + 61,33}{235} + 0,1 = 0,87$$

$$0,87 \leq 1,00$$

... nosník obvod. pláště vyhovuje na komb. ohybu, osové a smyk. síly

**NOSNÍK OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ VYHOVUJE NA ÚNOSNOST**



**Posouzení pevnosti v rovinném vzpěru:**

**Vzpěrné délky:**  $L_{cr,y} = L \cdot k_y = 7000 \cdot 1,00 = 7000 \text{ mm}$   
 $L_{cr,z} = L \cdot k_z = 7000 \cdot 1,00 = 7000 \text{ mm}$

**Štíhlost při vybočení z hlavních rovin:**

$$\lambda_y = L_{cr,y}/i_y = 7000/96,7 = 64,82 \leq 200$$

$$\lambda_z = L_{cr,z}/i_z = 7000/36,1 = 193,89 \leq 200$$

**Kritické Eulerovo zatížení:**

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,599 \cdot 10^7}{7000^2} = 1520,77 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 10^6}{7000^2} = 131,372 \cdot 10^3 \text{ N}$$

**Relativní štíhlosti:**

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3,852 \cdot 10^3 \cdot 235}{1520,77 \cdot 10^3}} = 0,771 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,17 \cdot 10^3 \cdot 235}{125,73 \cdot 10^3}} = 2,014 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = \frac{78,86 \cdot 10^3}{1520,77 \cdot 10^3} = 0,05 < 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = \frac{78,86 \cdot 10^3}{131,372 \cdot 10^3} = 0,60 < 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = 0,05 > 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = 0,60 > 0,04$$

... velikost tlakové síly neumožňuje zanedbat účinky rovinného vzpěru

**Posouzení prostorového vzpěru:**

**Vzpěrná délka:**  $L_{cr,\omega} = L \cdot k_\omega = 7000 \cdot 1,00 = 7000 \text{ mm}$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením:**

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 = 96,7^2 + 36,1^2 + 0^2 + 0^2 =$$

$$i_0^2 = 10654,1 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left( GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{L_{cr,\omega}^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{10654,1} \left( 81 \cdot 10^3 \cdot 15,14 \cdot 10^3 + \frac{\pi^2 210 \cdot 10^3 \cdot 26,42 \cdot 10^9}{7000^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = 219,889 \text{ kN}$$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$N_{cr,y} = 1520,77 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = 131,372 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = 219,889 \text{ kN}$$

$N_{cr,TF}$  – nejmenší kořen rovnice:

$$i_0^2(N - N_{cr,y})(N - N_{cr,z})(N - N_{cr,T}) - N^2 y_0^2(N - N_{cr,z}) - N^2 z_0^2(N - N_{cr,y}) = 0$$

$$12919,86(N - 1520,77)(N - 131,372)(N - 219,889) -$$

$$- N^2 0^2(N - 131,372) - N^2 0^2(N - 1520,77) = 0$$

$$N_1 = 1520,77 \text{ kN}$$

$$N_2 = \underline{219,889 \text{ kN}}$$

$$N_3 = N_{cr,z} = 131,372 \text{ kN}$$

**Relativní štíhlost při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{2,17 \cdot 10^3 \cdot 235}{219,889 \cdot 10^3}} = 1,522 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} = \frac{78,86}{219,889} = 0,36 \geq 0,04$$

... velikost tlak. síly neumožňuje zanedbat účinky prostorového vzpěru

**Posouzení klopení:**

$$L_{LT} = 4,2 \text{ m}$$

$$W_y = W_{el,y} = 299,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$C_1 = 1,13$$

**Pružný kritický moment:**

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L_{LT}^2} \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{L_{LT}^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} =$$

$$M_{cr} = 1,13 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,109 \cdot 10^6}{7000^2} \sqrt{\frac{26,420 \cdot 10^9}{3,109 \cdot 10^6} + \frac{7000^2 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 15,14 \cdot 10^3}{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,109 \cdot 10^6}} =$$

$$M_{cr} = 19,82 \text{ kNm}$$

**Relativní štíhlost při klopení:**

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{299,00 \cdot 10^3 \cdot 235}{19,82 \cdot 10^6}} = 1,88 \geq \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

**Součinitel vzpěru při klopení:**

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] =$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,26(1,88 - 0,2) + 1,88^2] = 2,49$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{2,49 + \sqrt{2,49^2 - 1,88^2}} = 0,243$$

**Posouzení:****Průřez třídy 1**

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1}} = \frac{3,97 \cdot 10^6}{0,243 \cdot 299,00 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} =$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{3,97}{17,07} = 0,23$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,23 \leq 1,00$$

... nosník obvodového pláště vyhovuje na klopení

**Posouzení stability na tlak s ohybem:**

ČSN EN 1993-1-1, čl. 6.3.3, vzorce (6.61) a (6.62)

**Interakční metoda 2:****Faktory momentu:**

$$C_{my} = 0,900 \qquad C_{mz} = 0,950 \qquad C_{mLT} = 0,950$$

**Interakční faktory:**

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,900 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,771 \cdot \frac{78,86}{1,0 \cdot 905,22 / 1,00} \right) = \underline{0,936}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,950 \left( 1 + 0,6 \cdot 1,000 \cdot \frac{78,86}{1,0 \cdot 905,22 / 1,00} \right) = \underline{1,132}$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,679$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,562$$

**Hodnoty pro výpočet:**

$$\Delta M_{yEd} = \Delta M_{zEd} = 0 \qquad \text{(pro průřezy třídy 1)}$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \cdot 3,852 \cdot 10^3 = \underline{905,22 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{el,y} = 235 \cdot 299,00 \cdot 10^3 = \underline{70,265 \text{ kNm}}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{el,z} = 235 \cdot 50,08 \cdot 10^3 = \underline{11,769 \text{ kNm}}$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\lambda_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\lambda_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk}/\lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\lambda_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\lambda_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk}/\lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{78,86}{1,0 \cdot 905,22/1,00} + 0,936 \cdot \frac{5,478+0}{0,243 \cdot 70,265} + 0,679 \cdot \frac{1,386+0}{11,769} = 0,664$$

$$\frac{78,86}{1,0 \cdot 905,22/1,00} + 0,562 \cdot \frac{5,478+0}{0,243 \cdot 70,265} + 1,132 \cdot \frac{1,386+0}{11,769} = 0,636$$

$$6.61: 0,07 + 0,04 + 0,25 = 0,37 \leq 1,00$$

$$6.62: 0,51 + 0,03 + 0,41 = 0,94 \leq 1,00$$

... nosník obvod. p. vyhovuje na stab. při namáhání tlakem a ohybem

**Posouzení na boulení stěny:**

ČSN EN 1993-1-5: 5., 7.1. a vzorce (5.10) a (7.1):

$$\frac{h_w}{t} = \frac{240 - 2 \cdot 9,8}{6,2} \cong 35,5$$

$$\frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1}{1,2} = 60,00$$

$$\frac{h_w}{t} = 26,5 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60,00$$

... štíhlost stěny umožňuje zanedbat posouzení ztráty stab. smykem

**NOSNÍK OBVODOVÉHO PLÁŠŤA VYHOVUJE NA STABILITU****5.7 Posouzení nosníku obvodového pláště na MSP**

**Výsledný průhyb – MSP, charakteristická kombinace:**

$$u_z = 32,3 \text{ mm}$$

$$u_y = 28,5 \text{ mm}$$

**Mezní průhyby:**

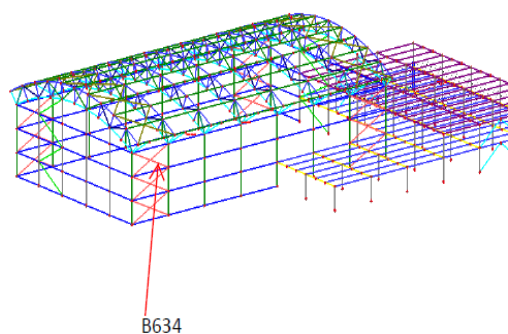
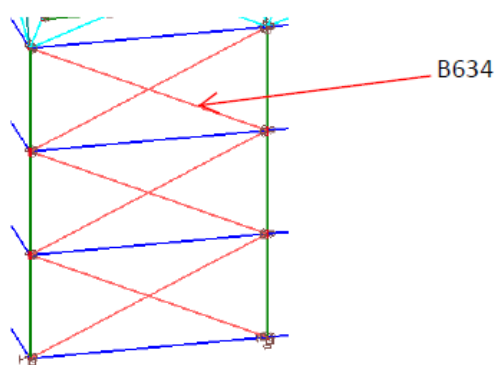
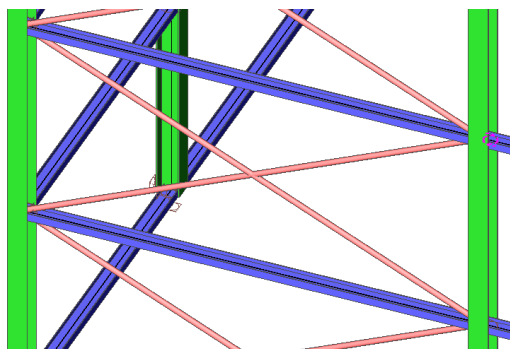
$$u_{z,max} = L/200 = 7000/200 = 35,00 \text{ mm}$$

$$u_{y,max} = L/200 = 7000/200 = 35,00 \text{ mm}$$

$$u_z = 32,3 \text{ mm} \leq u_{z,max} = 35,00 \text{ mm}$$

$$u_y = 28,5 \text{ mm} \leq u_{y,max} = 35,00 \text{ mm}$$

... vyhovuje na mezní průhyby od charakt. kombinace



### 5.8 Stěnové ztužidlo - TR 82,5x7,0:

#### Popis prvku:

Posuzování prvků: stěnové ztužidlo **B634**

Profil: TR 82,5x7,0

#### Návrhové vnitřní síly na prutu v krit. místě:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= -53,38 \text{ kN} & T_{Ed} &\cong 0 \text{ kNm} \\ M_{y,Ed} &= 0 \text{ kNm} & V_{y,Ed} &= -0,6 \text{ kN} \\ M_{z,Ed} &= 0 \text{ kNm} & V_{z,Ed} &= 0 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### Průřezové charakteristiky TR 82,5x8:

$$\begin{aligned} A &= 1,66 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 & W_{el} &= 28,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ I &= 1,19 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 & W_{pl} &= 40 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ I_d &= 2,17 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ i &= 26,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### Parciální součinitele spolehlivosti materiálu:

Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):

- odolnost průřezu kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutu při posuzování straty stability prutu  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

#### Materiál:

**Ocel S 235:**  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$   
 $E = 210 \text{ GPa}$   
 $G = 81 \text{ GPa}$

#### Posouzení na tlak:

Průřez třídy 3

Průřez v tlaku.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} = \frac{53,38 \cdot 10^3}{1,66 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{53,38}{390,1} = 0,14$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,14 \leq 1,00$$

$$L_{cr,z} = \frac{7697}{2} = 3848,5 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{rozhoduje}$$

$$L_{cr,y} = \frac{7697}{2} \cdot 0,9 = 3463,65 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{3848,5}{26,8} = 143,6$$

$$\bar{\lambda} = \frac{143,6}{93,9} = 1,53$$

$$\Rightarrow \chi = 0,269$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} = 0,269 \cdot 1660 \cdot 235 = 104,9 \text{ kN} > 39,72 \text{ kN}$$

... ztužidlo vyhovuje na únosnost v tlaku

#### **Posouzení pevnosti v rovinném vzpěru:**

**Vzpěrné délky:**  $L_{cr,y} = 0,9 \cdot 3849 = 3464 \text{ mm}$

$$L_{cr,z} = \frac{L}{2} = 3849 \text{ mm}$$

#### **Štíhlost při vybočení z hlavních rovin:**

$$\lambda_y = L_{cr,y} / i_y = 3848,5 / 26 = 143,6 \leq 200$$

$$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z = 3848,5 / 26 = 143,6 \leq 200$$

#### **Kritické Eulerovo zatížení:**

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,19 \cdot 10^6}{3848^2} = 170,1 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,19 \cdot 10^6}{3848^2} = 170,1 \text{ kN}$$

#### **relativní štíhlosti:**

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,66 \cdot 10^3 \cdot 235}{1602 \cdot 10^3}} = 1,53 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,66 \cdot 10^3 \cdot 235}{15065 \cdot 10^3}} = 1,53 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

#### **Vzpěrné křivky, imperfekce $\alpha$ :**

ČSN EN 1993-1-5, tab. 6.2, str. 58

Ztráta stability ohybem kolmo na osu

#### **Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = \frac{53,38 \cdot 10^3}{170,1 \cdot 10^3} = 0,314 > 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} = \frac{53,38 \cdot 10^3}{170,1 \cdot 10^3} = 0,314 > 0,04$$

... velikost tlakové síly neumožňuje zanedbat účinky prost. Vzpěru

**Posouzení prostorového vzpěru:**

$$\text{Vzpěrná délka: } L_{cr,\omega} = L \cdot k_{\omega} = 3848 \cdot 2,00 = 7697 \text{ mm}$$

***Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením:***

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 = 26,8^2 + 0^2 + 0 + 0 =$$

$$i_0^2 = 718,24 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left( GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{L_{cr,\omega}^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{718,24} \left( 81 \cdot 10^3 \cdot 119 \cdot 10^4 + \frac{\pi^2 210 \cdot 10^3 \cdot 1,824 \cdot 10^{12}}{7697^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = 134155 \text{ kN}$$

***Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením s ohybem:***

$$N_{cr,y} = 170,1 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = 170,1 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = 134155 \text{ kN}$$

$N_{cr,TF}$  – nejmenší koreň rovnice:

$$i_0^2(N - N_{cr,y})(N - N_{cr,z})(N - N_{cr,T}) - N^2 y_0^2(N - N_{cr,z}) - N^2 z_0^2(N - N_{cr,y}) = 0$$

$$718,24(N - 170,1)(N - 170,1)(N - 134155) -$$

$$- N^2 0^2(N - 170,1) - N^2 0^2(N - 170,1) = 0$$

$$N_1 = 170,1 \text{ kN} = N_{cr,TF}$$

$$N_2 = 170,1 \text{ kN}$$

$$N_3 = 134155 \text{ kN}$$

***Relativní štíhlost při ztrátě stability kroucením s ohybem:***

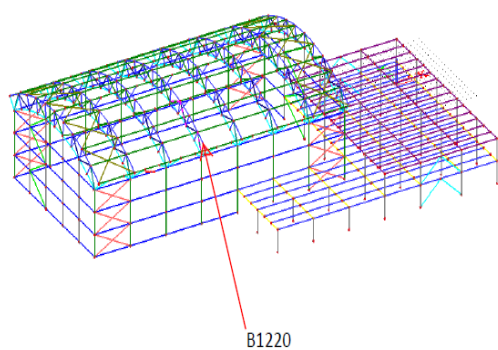
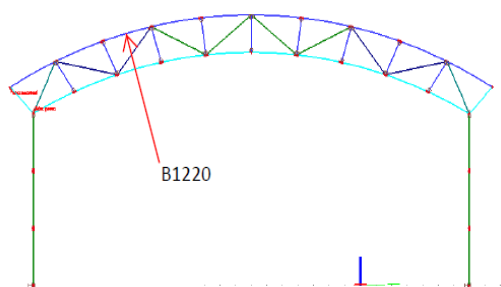
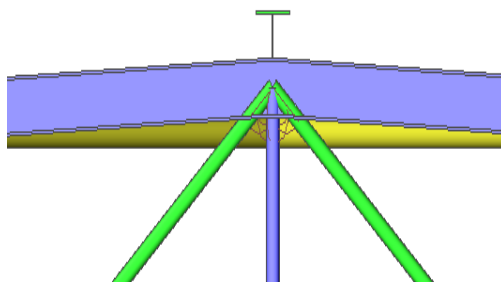
$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{1,66 \cdot 10^3 \cdot 235}{170,1 \cdot 10^3}} = 1,51 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

***Posouzení:***

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} = \frac{53,38}{170,1} = 0,31 \leq 1,00$$

... ztužidlo vyhovuje na prostorového vzpěru

**ZTUŽIDLO VYHOVUJE**



### 5.9 Horní pás obloukového příhradového vazník - HEA 240:

#### Popis prvku:

**Posuzovaný prvek:** horní pás příhrad. Vaz. **B1220**

**Profil:** HEA 240

#### Návrhové vnitřní síly na prute v krit. místě:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= -766,6 \text{ kN} & T_{Ed} &\cong 0,000 \text{ (0) kNm} \\ M_{y,Ed} &= -2,86 \text{ kNm} & V_{y,Ed} &= 5,31 \text{ kN} \\ M_{z,Ed} &= 11,95 \text{ kNm} & &= -1,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### Průřezové charakteristiky HEA 240:

$$\begin{aligned} A &= 7,684 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 & A_{v,z} &= 2,518 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ I_y &= 7,763 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 & W_{el,y} &= 6,751 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\ I_z &= 2,769 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 & W_{pl,y} &= 7,446 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\ I_t &= 41,55 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & W_{pl,z} &= 3,517 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\ i_y &= 101 \text{ mm} & & \\ i_z &= 60 \text{ mm} & & \end{aligned}$$

#### Parciální součinitele spolehlivosti materiálu:

Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):

- odolnost průřezů kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutů při posuzování straty stability prutů  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

#### Materiál:

**Ocel S 235:**  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$   
 $E = 210 \text{ GPa}$   
 $G = 81 \text{ GPa}$

#### Posouzení na tlak:

Průřez třídy 1

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} = \frac{766,18 \cdot 10^3}{7,684 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{766,18}{1805,74} = 0,42$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,42 \leq 1,00$$

...horní pás vyhovuje na tlak



**Posouzení ohybového momentu  $M_y$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{2,86 \cdot 10^6}{7,446 \cdot 10^5 \cdot 235 / 1,00} = \frac{2,86}{174,981} = 0,02$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,02 \leq 1,00$$

... horní pás vyhovuje na ohybový moment  $M_y$

**Posouzení ohybového momentu  $M_z$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{11,95 \cdot 10^6}{3,517 \cdot 10^5 \cdot 235 / 1,00} = \frac{11,95}{82,65} = 0,15$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,15 \leq 1,00$$

... horní pás vyhovuje na ohybový moment  $M_z$

**Posouzení na smyk  $V_y$ :**

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{V_{y,Ed}}{A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} = \frac{5,31 \cdot 10^3}{2,518 \cdot 10^3 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,00} =$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{5,31}{341,635} = 0,02$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = 0,02 \leq 1,00$$

... horní pás vyhovuje na smyk  $V_y$

**Posouzení na smyk  $V_z$ :**

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{V_{z,Ed}}{A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} = \frac{1,08 \cdot 10^3}{2,518 \cdot 10^3 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,00} =$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{1,08}{341,635} = 0,03$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = 0,03 \leq 1,00$$

... horní pás vyhovuje na smyk  $V_z$

**Posouzení na kombinaci ohybu, osově a smykové síly:**

Průřez třídy 1 pro danou kombinaci namáhání.

**Posouzení:**

Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

$$0,00 \leq 1,00$$

... horní pás vyhovuje na komb. ohybu, osové a smyk. síly

### **HOR.PÁS VYHOVUJE NA ÚNOSNOST**

#### **Posouzení pevnosti v rovinném vzpěru:**

$$\begin{aligned} \text{Vzpěrné délky: } L_{cr,y} &= L \cdot k_y = 3233 \cdot 1,00 = 3233 \text{ mm} \\ L_{cr,z} &= L \cdot k_z = 3233 \cdot 1,00 = 3233 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### **Štíhlost při vybočení z hlavních rovin:**

$$\begin{aligned} \lambda_y &= L_{cr,y}/i_y = 3233/101 = 32,01 \leq 200 \\ \lambda_z &= L_{cr,z}/i_z = 3233/60 = 53,88 \leq 200 \end{aligned}$$

#### **Kritické Eulerovo zatížení:**

$$\begin{aligned} N_{cr,y} &= \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 7,763 \cdot 10^7}{3233^2} = 15377,89 \cdot 10^3 \text{ N} \\ N_{cr,z} &= \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,769 \cdot 10^7}{3233^2} = 5485,17 \cdot 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

#### **Relativní štíhlosti:**

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_y &= \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{7,684 \cdot 10^3 \cdot 235}{15377,89 \cdot 10^3}} = 0,343 > \bar{\lambda}_0 = 0,2 \\ \bar{\lambda}_z &= \sqrt{\frac{Af_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{7,684 \cdot 10^3 \cdot 235}{5485,17 \cdot 10^3}} = 0,574 > \bar{\lambda}_0 = 0,2 \end{aligned}$$

#### **Posouzení:**

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} &= \frac{766,18 \cdot 10^3}{15377,89 \cdot 10^3} = 0,05 \leq 1,00 \\ \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} &= \frac{766,18 \cdot 10^3}{5485,17 \cdot 10^3} = 0,14 \leq 1,00 \end{aligned}$$

...horní pás vyhovuje na vzpěru

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} &= 0,05 > 0,04 \\ \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} &= 0,14 > 0,04 \end{aligned}$$

... velikost tlakové síly neumožňuje zanedbat účinky prost. vzpěru

**Posouzení prostorového vzpěru:**

**Vzpěrná délka:**  $L_{cr,\omega} = L \cdot k_{\omega} = 3233 \cdot 1,00 = 3233 \text{ mm}$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením:**

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 = 101^2 + 60^2 + 0 + 0 =$$

$$i_0^2 = 13801 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left( GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{L_{cr,\omega}^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{13801} \left( 81 \cdot 10^3 \cdot 41,55 \cdot 10^4 + \frac{\pi^2 210 \cdot 10^3 \cdot 3,285 \cdot 10^{11}}{3233^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = 7153,7 \text{ kN}$$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$N_{cr,y} = 15377,89 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = 5485,17 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = 7153,7 \text{ kN}$$

$N_{cr,TF}$  – nejmenší koreň rovnice:

$$i_0^2(N - N_{cr,y})(N - N_{cr,z})(N - N_{cr,T}) - N^2 y_0^2(N - N_{cr,z}) - N^2 z_0^2(N - N_{cr,y}) = 0$$

$$13801(N - 15377,89)(N - 5485,17)(N - 7153,7) -$$

$$- N^2 0^2(N - 5485,17) - N^2 0^2(N - 15377,89) = 0$$

$$N_1 = 15377,89 \text{ kN}$$

$$N_2 = 7153,7 \text{ kN}$$

$$\underline{N_3 = N_{cr,z} = 5485,17 \text{ kN}}$$

**Relativní štíhlost při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{7,684 \cdot 10^3 \cdot 235}{5485,17 \cdot 10^3}} = 0,574 \quad > \quad \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} = \frac{766,18}{5485,17} = 0,14 \leq 1,00$$

...horní pás vyhovuje na prostorového vzpěru

**Posouzení klopení:**

$$L_{LT} = 3,233 \text{ m}$$

$$W_y = W_{el,y} = 675,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$C_1 = 4,53$$

**Pružný kritický moment:**

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L_{LT}^2} \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{L_{LT}^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} =$$

$$M_{cr} = 4,53 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,769 \cdot 10^7}{3233^2} \sqrt{\frac{26,420 \cdot 10^9}{2,769 \cdot 10^7} + \frac{3233^2 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 41,55 \cdot 10^4}{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,769 \cdot 10^7}} =$$

$$M_{cr} = 3315,52 \text{ kNm}$$

**Relativní štíhlost při klopení:**

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{6,751 \cdot 10^5 \cdot 235}{3315,52 \cdot 10^6}} = 0,219 \leq \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

- kvůli malému ohybovému momentu a relativní štíhlosti nemusíme dále posuzovat

... horní pás vyhovuje na klopení

**Posouzení stability na tlak s ohybem:**

ČSN EN 1993-1-1, čl. 6.3.3, vzorce (6.61) a (6.62)

Interakční metoda 2:

**Faktory momentu:**

$$C_{my} = 0,900$$

$$C_{mz} = 0,665$$

$$C_{mLT} = 0,4$$

**Interakční faktory:**

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,900 \left( 1 + 0,143 \cdot \frac{766,18}{0,949 \cdot 5485,17 / 1,00} \right) = \underline{\underline{0,920}}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,665 \left( 1 + (2 \cdot 0,574 - 0,6) \cdot \frac{766,18}{0,852 \cdot 5485,17 / 1,00} \right) = \underline{\underline{0,725}}$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,435$$

$$k_{zy} = 0,6k_{yy} = 0,552$$

**Hodnoty pro výpočet:**

$$\Delta M_{yEd} = \Delta M_{zEd} = 0 \quad (\text{pro průřezy třídy 1})$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \cdot 7,684 \cdot 10^3 = \underline{\underline{1805,74 \text{ kN}}}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{el,y} = 235 \cdot 675,10 \cdot 10^3 = \underline{\underline{158,65 \text{ kNm}}}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{el,z} = 235 \cdot 230,7 \cdot 10^3 = \underline{54,21 \text{ kNm}}$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\lambda_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\lambda_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk}/\lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\lambda_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\lambda_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk}/\lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{766,18}{0,949 \cdot 1805,74/1,00} + 0,920 \cdot \frac{2,86+0}{0,993 \cdot 158,65} + 0,435 \cdot \frac{11,95+0}{54,21} = 0,664$$

$$\frac{766,18}{0,852 \cdot 1805,74/1,00} + 0,552 \cdot \frac{2,86+0}{0,243 \cdot 158,65} + 0,725 \cdot \frac{11,95+0}{54,21} = 0,636$$

$$6.61: 0,45 + 0,02 + 0,10 = 0,57 \leq 1,00$$

$$6.62: 0,50 + 0,01 + 0,16 = 0,67 \leq 1,00$$

... horní pás. vyhovuje na stab. při namáhání tlakem a ohybem

**Posouzení na boulení stěny:**

ČSN EN 1993-1-5: 5., 7.1. a vzorce (5.10) a (7.1):

$$\frac{h_w}{t} = \frac{230 - 2 \cdot 12}{7,5} \cong 27,5$$

$$\frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1}{1,2} = 60,00$$

$$\frac{h_w}{t} = 26,154 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60,00$$

... štíhlost stěny umožňuje zanedbat posouzení ztráty stab. smykem

**HORNÍ PÁS VYHOVUJE NA STABILITU**

## 5.10 Dolní pás obloukové příhradové konstrukce – HEA200:

**Popis prvku:**

posuzovaný prvek: dolní pás obloukové př.kce **B1173**

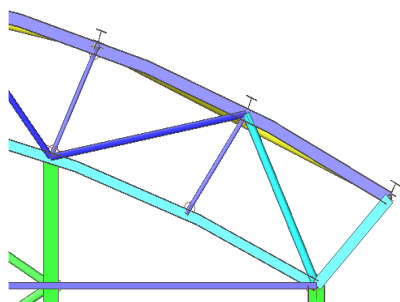
Profil: **HEA 200**

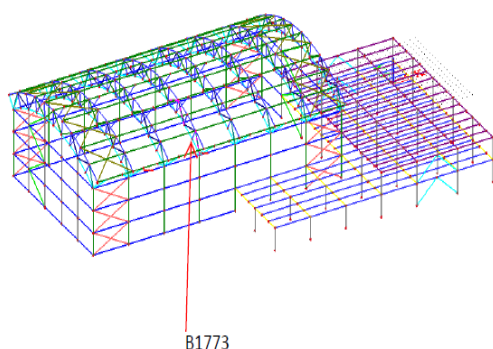
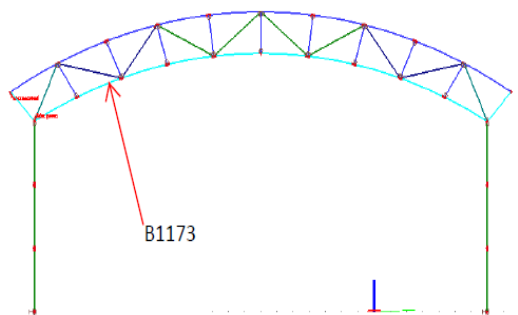
**Návrhové vnitřní síly na prutu v krit. místě:**

$$N_{Ed} = 739,70 \text{ kN} \quad T_{Ed} \cong 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 16,410 \text{ kNm} \quad V_{y,Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = -0,23 \text{ kNm} \quad V_{z,Ed} = 1,69 \text{ kN}$$



**Průřezové charakteristiky HEA 200:**

$$\begin{aligned}
 A &= 5,383 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 & A_{v,z} &= 1,808 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\
 I_y &= 3,692 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 & W_{el,y} &= 3,886 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\
 I_z &= 1,336 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 & W_{pl,y} &= 4,295 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\
 I_t &= 20,98 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & W_{pl,z} &= 2,038 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\
 i_y &= 82,8 \text{ mm} \\
 i_z &= 49,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Parciální součinitele spolehlivosti materiálu:**

Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):

- odolnost průřezu kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutu při posuzování ztráty stability prutu  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

**Materiál:**

**Ocel S 235:**  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$   
 $E = 210 \text{ GPa}$   
 $G = 81 \text{ GPa}$

**Posouzení na tah:**

Průřez třídy 1

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} = \frac{739,70 \cdot 10^3}{5,383 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{739,70}{1265,005} = 0,59$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,59 \leq 1,00$$

...dolní pás vyhovuje na tah

**Posouzení ohybového momentu  $M_y$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{16,41 \cdot 10^6}{3,469 \cdot 10^5 \cdot 235 / 1,00} = \frac{16,41}{81,52} = 0,20$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,20 \leq 1,00$$

... dolní pás příhradové kce vyhovuje na ohybový moment  $M_y$ **Posouzení ohybového momentu  $M_z$ :**

Průřez třídy 1

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{-0,23 \cdot 10^6}{92,18 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{-0,23}{216,623} = 0,00$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... .. dolní pás příhradové kce vyhovuje na ohybový moment  $M_z$

**Posouzení na smyk  $V_z$ :**

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{V_{z,Ed}}{A_z(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}} = \frac{1,69 \cdot 10^3}{1,808 \cdot 10^3 \cdot (235/\sqrt{3})/1,00} =$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{1,69}{254,7} = 0,01$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = 0,01 \leq 1,00$$

... dolní pás příhradové kce vyhovuje na smyk  $V_z$

**Posouzení na kombinaci ohybu, osově a smykové síly:**

**Posouzení:**

$$\frac{\sum \sigma_i}{f_y} + \frac{\sum \tau_i}{f_y/\sqrt{3}} = \frac{\frac{0,025 \cdot 10^3}{2,17 \cdot 10^3} + \frac{5,478 \cdot 10^6}{114,00 \cdot 10^3} + \frac{1,386 \cdot 10^6}{22,600 \cdot 10^3}}{235} + \frac{58,86 \cdot 10^3}{1,00625 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot \sqrt{3}} =$$

$$\frac{0,01+48,05+61,33}{235} + 0,0 = 0,12$$

$$0,12 \leq 1,00$$

... dolní pás vyhovuje na komb. ohybu, osově a smyk. síly

**DOLNÍ PÁS PŘÍHRADOVÉ KONSTRUKCE VYHOVUJE NA ÚNOSNOST**

**Posouzení na boulení stěny:**

ČSN EN 1993-1-5: 5., 7.1. a vzorce (5.10) a (7.1):

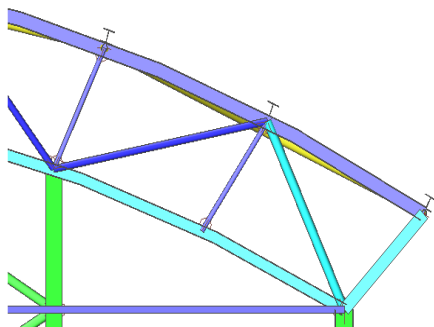
$$\frac{h_w}{t} = \frac{190 - 2 \cdot 10}{6,5} \cong 26,154$$

$$\frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1}{1,2} = 60,00$$

$$\frac{h_w}{t} = 26,154 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60,00$$

... štíhlost stěny umožňuje zanedbat posouzení ztráty stab. smykem

**DOLNÍ PÁS PŘÍHRADOVÉ KONSTRUKCE VYHOVUJE NA STABILITU**



### 5.11 Tlačená diagonála příhradového vazník – TR 82,5x7:

#### Popis prvku:

Posuzovaný prvek: **tlačená diagonála příhrad. vaz. B1220**

Profil: **TR 82,5x7**

#### Návrhové vnitřní síly na prute v krit. místě:

$$N_{Ed} = -55,82 \text{ kN} \quad T_{Ed} \cong 0,000 \text{ (0) kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm} \quad V_{y,Ed} = 0,30 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm} \quad V_{z,Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

#### Průřezové charakteristiky TR 82,5x7:

$$A = 1,115 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I = 70,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad A_{v,z} = 7,1 \cdot 10^2 \text{ mm}^2$$

$$W_{el,y} = 18,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_d = 131 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad W_{pl} = 25,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i = 25,2 \text{ mm}$$

#### Parciální součinitele spolehlivosti materiálu:

Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):

- odolnost průřezů kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutů při posuzování ztráty stability prutů  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

#### Materiál:

**Ocel S 235:**  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

#### Posouzení na tlak:

Průřez třídy 3

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} = \frac{55,82 \cdot 10^3}{1,115 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{55,82}{262,025} = 0,21$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,21 \leq 1,00$$

...tlačená diagonála vyhovuje na tlak



**Posouzení ohybového momentu  $M_y$ :**

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... tlačená diagonála vyhovuje na ohybový moment  $M_y$

**Posouzení ohybového momentu  $M_z$ :**

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... tlačená diagonála vyhovuje na ohybový moment  $M_z$

**Posouzení na smyk  $V_y$ :**

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{V_{y,Ed}}{A_v(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}} = \frac{0,30 \cdot 10^3}{7,1 \cdot 10^2 \cdot (235/\sqrt{3})/1,00} =$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{0,3}{96,33} = 0,003$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = 0,003 \leq 1,00$$

... tlačená diagonála vyhovuje na smyk  $V_y$

**Posouzení na smyk  $V_z$ :**

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... tlačená diagonála vyhovuje na smyk  $V_z$

**Posouzení na kombinaci ohybu, osové a smykové síly:**

Průřez třídy 3 pro danou kombinaci namáhání.

**Posouzení:**

$$\frac{\sum \sigma_i}{f_y} + \frac{\sum \tau_i}{f_y/\sqrt{3}} = \frac{\frac{0,025 \cdot 10^3}{2,17 \cdot 10^3} + \frac{5,478 \cdot 10^6}{114,00 \cdot 10^3} + \frac{1,386 \cdot 10^6}{22,600 \cdot 10^3}}{235} + \frac{78,86 \cdot 10^3}{1,00625 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot \sqrt{3}} =$$

$$\frac{0,01+48,05+61,33}{235} + 0,0 = 0,22$$

$$0,22 \leq 1,00$$

... tlačená diagonála vyhovuje na komb. ohybu, osové a smyk. síly

**DIAGONÁLA VYHOVUJE NA ÚNOSNOST**

**Posouzení pevnosti v prostém vzpěru:**

**Vzpěrné délky:**  $L_{cr} = L \cdot k_c = 3662 \cdot 1,00 = 3662 \text{ mm}$

**Štíhlost při vybočení z hlavních rovin:**

$$\lambda = L_{cr}/i = 3662/26,8 = 136,64 \leq 200$$

**Kritické Eulerovo zatížení:**

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 70,6 \cdot 10^4}{3662^2} = 109,005 \cdot 10^3 \text{ N}$$

**Relativní štíhlosti:**

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,115 \cdot 10^3 \cdot 235}{109,005 \cdot 10^3}} = 1,55 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{55,82 \cdot 10^3}{109,005 \cdot 10^3} = 0,54 > 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = 0,54 > 0,04$$

... velikost tlakové síly neumožňuje zanedbat účinky prost. vzpěru

**Posouzení prostorového vzpěru:**

**Vzpěrná délka:**  $L_{cr,\omega} = L \cdot k_\omega = 3662 \cdot 1,00 = 3662 \text{ mm}$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením:**

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 = 26,8^2 + 0 + 0 + 0 =$$

$$i_0^2 = 718,24 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left( GI + \frac{\pi^2 EI_d}{L_{cr}^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{718,24} \left( 81 \cdot 10^3 \cdot 70,6 \cdot 10^4 + \frac{\pi^2 210 \cdot 10^3 \cdot 131 \cdot 10^4}{3662^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = 87840,2 \text{ kN}$$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$N_{cr,TF} = 109,05 \text{ kN}$$

**Relativní štíhlost při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{1,115 \cdot 10^3 \cdot 235}{109,05 \cdot 10^3}} = 1,55 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} = \frac{55,82}{109,05} = 0,53 > 0,04$$

... velikost tlak. síly neumožňuje zanedbat účinky prostorového vzpěru

- vzpěrná křivka  $d$

$$\bar{\lambda}_T = 1,55$$

$$\chi = 0,263$$

**Únosnost na vzpěr:**

$$N_{b,Rd} = \chi A \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,263 \cdot 1,115 \cdot 10e3 \cdot 235 = 68,91 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{55,82}{68,91} = 0,849$$

$$0,849 < 1,00$$

... diagonála vyhovuje na únosnost ve vzpěru

**Posouzení stability na tlak s ohybem:**

ČSN EN 1993-1-1, čl. 6.3.3, vzorce (6.61) a (6.62)

Interakční metoda 2:

**Faktory momentu:**

$$C_{my} = 0,900 \quad C_{mz} = 0,950 \quad C_{mLT} = 1,000$$

**Interakční faktory:**

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,900 \left( 1 + 0,6 \cdot 1,55 \cdot \frac{55,82}{1,00 \cdot 262,025 / 1,00} \right) = \underline{1,348}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,950 \left( 1 + 0,6 \cdot 1,000 \cdot \frac{55,82}{1,0 \cdot 262,025 / 1,00} \right) = \underline{1,430}$$

$$k_{yz} = k_{zz} = \underline{1,430}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05}{(0,95 - 0,25)} \cdot \frac{55,82}{1,0 \cdot 262,05 / 1,00} = \underline{0,940}$$

**Hodnoty pro výpočet:**

$$\Delta M_{yEd} = \Delta M_{zEd} = 0 \quad (\text{pro průřezy třídy 3})$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \cdot 1,115 \cdot 10^3 = \underline{262,025 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{el,y} = 235 \cdot 18,6 \cdot 10^3 = \underline{4,37 \text{ kNm}}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{el,z} = 235 \cdot 18,6 \cdot 10^3 = \underline{4,37 \text{ kNm}}$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \lambda_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \lambda_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{55,82}{262,05/1,00} + 1,348 \cdot \frac{0}{0,263 \cdot 4,37} + 1,43 \cdot \frac{0}{54,21} = 0,664$$

$$\frac{55,82}{1805,74/1,00} + 0,94 \cdot \frac{0}{0,263 \cdot 4,37} + 1,43 \cdot \frac{0}{54,21} = 0,636$$

$$6.61: 0,85 + 0,00 + 0,00 = 0,85 \leq 1,00$$

$$6.62: 0,85 + 0,11 + 0,00 = 0,85 \leq 1,00$$

... diagonála vyhovuje na stab. při namáhání tlakem a ohybem

**TLAČENÁ DIAGONÁLA VYHOVUJE NA STABILITU**

**5.12 Tlačená diagonála příhradového vazník  
 - TR 160x8:**

**Popis prvku:**

Posuzovaný prvek: **tlačená diagonála příhrad. vaz.**  
 (krajní)

Profil: **TR 160x8**

**Návrhové vnitřní síly na prute v krit. místě:**

$$N_{Ed} = -375,17 \text{ kN} \quad T_{Ed} \cong -0,01 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm} \quad V_{y,Ed} = 0,28 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm} \quad V_{z,Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

**Průřezové charakteristiky TR 160x8:**

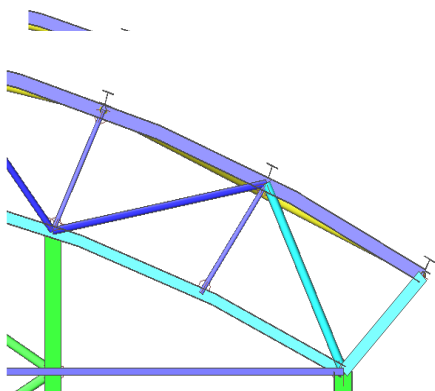
$$A = 3,795 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I = 1,08 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad A_{v,z} = 2,416 \cdot 10^2 \text{ mm}^2$$

$$W_{el,y} = 1,36 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$I_d = 2,05 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad W_{pl} = 1,83 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$i = 53,5 \text{ mm}$$



**Parciální součinitele spolehlivosti materiálu:**

**Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):**

- odolnost průřezů kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutů při posuzování straty stability prutů  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

**Materiál:**

**Ocel S 235:**  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$   
 $E = 210 \text{ GPa}$   
 $G = 81 \text{ GPa}$

**Posouzení na tlak:**

Průřez třídy 3

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} = \frac{375,17 \cdot 10^3}{3,795 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{375,17}{891,825} = 0,42$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,42 \leq 1,00$$

...tlačená diagonála vyhovuje na tlak

**Posouzení ohybového momentu  $M_y$ :**

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... vyhovuje na ohybový moment  $M_y$

**Posouzení ohybového momentu  $M_z$ :**

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... vyhovuje na ohybový moment  $M_z$

**Posouzení na smyk  $V_y$ :**

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{V_{y,Ed}}{A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} = \frac{0,28 \cdot 10^3}{7,1 \cdot 10^2 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,00} =$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{0,28}{96,33} = 0,003$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = 0,003 \leq 1,00$$

... diagonála vyhovuje na smyk  $V_y$

**Posouzení na smyk Vz:**

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... diagonála vyhovuje na smyk  $V_z$

**Posouzení na kombinaci ohybu, osově a smykové síly:**

Průřez třídy 3 pro danou kombinaci namáhání.

**Posouzení:**

$$\frac{\sum \sigma_i}{f_y} + \frac{\sum \tau_i}{f_y/\sqrt{3}} = \frac{\frac{0,025 \cdot 10^3}{2,17 \cdot 10^3} + \frac{5,478 \cdot 10^6}{114,00 \cdot 10^3} + \frac{1,386 \cdot 10^6}{22,600 \cdot 10^3}}{235} + \frac{78,86 \cdot 10^3}{1,00625 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot \sqrt{3}} =$$
$$\frac{0,01 + 48,05 + 61,33}{235} + 0,0 = 0,22$$

$$0,22 \leq 1,00$$

... diagonála vyhovuje na komb. ohybu, osově a smyk. síly

**DIAGONÁLA VYHOVUJE NA ÚNOSNOST**

**Posouzení pevnosti v prostém vzpěru:**

**Vzpěrné délky:**  $L_{cr} = L \cdot k_c = 3241 \cdot 1,00 = 3241 \text{ mm}$

**Štíhlost při vybočení z hlavních rovin:**

$$\lambda = L_{cr}/i = 3241/53,5 = 60,6 \leq 200$$

**Kritické Eulerovo zatížení:**

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,08 \cdot 10^7}{3241^2} = 2128,846 \cdot 10^3 \text{ N}$$

**Relativní štíhlosti:**

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,795 \cdot 10^3 \cdot 235}{2128,846 \cdot 10^3}} = 0,647 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{375,17 \cdot 10^3}{2128,846 \cdot 10^3} = 0,176 > 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = 0,176 > 0,04$$

... velikost tlakové síly neumožňuje zanedbat účinky prost. vzpěru

**Posouzení prostorového vzpěru:**

$$\text{Vzpěrná délka: } L_{cr,\omega} = L \cdot k_{\omega} = 3241 \cdot 1,00 = 3241 \text{ mm}$$

***Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením:***

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 = 53,5^2 + 0 + 0 + 0 =$$

$$i_0^2 = 2862,25 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left( GI + \frac{\pi^2 EI_d}{L_{cr}^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{2862,25} \left( 81 \cdot 10^3 \cdot 1,08 \cdot 10^7 + \frac{\pi^2 210 \cdot 10^3 \cdot 2,05 \cdot 10^7}{3241^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = 305640 \text{ kN}$$

***Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením s ohybem:***

$$N_{cr,TF} = 2862,25 \text{ kN}$$

***Relativní štíhlost při ztrátě stability kroucením s ohybem:***

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{3,795 \cdot 10^3 \cdot 235}{2862,25 \cdot 10^3}} = 0,56 \quad > \quad \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

***Posouzení:***

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} = \frac{375,17}{2862,25} = 0,13 \quad > \quad 0,04$$

... velikost tlak. síly neumožňuje zanedbat účinky prostorového vzpěru

- vzpěrná křivka d

$$\bar{\lambda}_T = 0,56$$

$$\chi = 0,738$$

***Únosnost na vzpěr:***

$$N_{b,Rd} = \chi A \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,738 \cdot 3,795 \cdot 10^3 \cdot 235 = 658,17 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{375,17}{658,17} = 0,57$$

$$0,57 < 1,00$$

... diagonála vyhovuje na únosnost ve vzpěru

**Posouzení stability na tlak s ohybem:**

ČSN EN 1993-1-1, čl. 6.3.3, vzorce (6.61) a (6.62)

Interakční metoda 2:

**Faktory momentu:**

$$C_{my} = 0,900 \quad C_{mz} = 0,950 \quad C_{mLT} = 1,000$$

**Interakční faktory:**

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,900 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,56 \cdot \frac{375,17}{0,738.891,825/1,00} \right) = \underline{1,072}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,950 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,56 \cdot \frac{375,17}{0,738.891,825/1,00} \right) = \underline{1,275}$$

$$k_{yz} = k_{zz} = \underline{1,275}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05 \cdot 0,56}{(1,0 - 0,25)} \cdot \frac{375,17}{0,738.891,825/1,00} = \underline{0,97}$$

**Hodnoty pro výpočet:**

$$\Delta M_{yEd} = \Delta M_{zEd} = 0 \quad (\text{pro průřezy třídy 3})$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \cdot 3,795 \cdot 10^3 = \underline{891,825 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{el,y} = 235 \cdot 1,36 \cdot 10^5 = \underline{31,96 \text{ kNm}}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{el,z} = 235 \cdot 1,36 \cdot 10^5 = \underline{31,96 \text{ kNm}}$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \lambda_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \lambda_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{375,17}{0,738.891,83/1,00} + 1,072 \cdot \frac{0}{31,96} + 1,275 \cdot \frac{0}{31,96} = 0,664$$

$$\frac{375,17}{0,738.891,83/1,00} + 0,979 \cdot \frac{0}{31,96} + 1,275 \cdot \frac{0}{31,96} = 0,636$$

$$6.61: \quad 0,57 + 0,00 + 0,00 = 0,85 \leq 1,00$$

$$6.62: \quad 0,057 + 0,00 + 0,00 = 0,85 \leq 1,00$$

... diagonála vyhovuje na stab. při namáhání tlakem a ohybem

**TLAČENÁ DIAGONÁLA VYHOVUJE NA STABILITU**



### 5.13 Tažená diagonála obloukového příhradového vazníku – TR 114x8:

#### Popis prvku:

posuzovaný prvek: *tažená diagonála*

Profil: *TR 114x8*

#### Návrhové vnitřní síly na prutu v krit. místě:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 331,53 \text{ kN} & T_{Ed} &\cong 0,22 \text{ kNm} \\ M_{y,Ed} &= 0,00 \text{ kNm} & V_{y,Ed} &= 0,00 \text{ kN} \\ M_{z,Ed} &= 0,55 \text{ kNm} & V_{z,Ed} &= 0,00 \text{ k} \end{aligned}$$

#### Průřezové charakteristiky TR (114:8):

$$\begin{aligned} A &= 2,664 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ I &= 3,76 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 & A_{v,z} &= 1,696 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ W_{el,y} &= 66 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ I_d &= 6,96 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 & W_{pl} &= 90,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ i &= 37,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### Parciální součinitele spolehlivosti materiálu:

Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):

- odolnost průřezu kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutu při posuzování straty stability prutu  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

#### Materiál:

**Ocel S 235:**  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$   
 $E = 210 \text{ GPa}$   
 $G = 81 \text{ GPa}$

#### Posouzení na tah:

Průřez třídy 3

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} = \frac{331,53 \cdot 10^3}{2,664 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{331,53}{626,04} = 0,53$$
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,53 \leq 1,00$$

...diagonála příhradové kce vyhovuje na tah

**Posouzení ohybového momentu  $M_y$ :***Průřez třídy 3*

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{0,00}{90,1 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{0,00}{21,17} = 0,000$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,000 \leq 1,00$$

... diagonála příhradové kce vyhovuje na ohybový moment  $M_y$ **Posouzení ohybového momentu  $M_z$ :***Průřez třídy 1*

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} f_y / \gamma_{M0}} = \frac{0,55 \cdot 10^6}{90,1 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{0,55}{21,17} = 0,026$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,026 \leq 1,00$$

... diagonála příhradové kce vyhovuje na ohybový moment  $M_z$ **Posouzení na smyk  $V_z$ :**

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{V_{z,Ed}}{A_z (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} = \frac{0,00 \cdot 10^3}{1,696 \cdot 10^3 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,00} =$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = \frac{0,00}{230,108} = 0,00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{zc,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... diagonála příhradové kce vyhovuje na smyk  $V_z$ **Posouzení na kombinaci ohybu, osové a smykové síly:****Posouzení:**

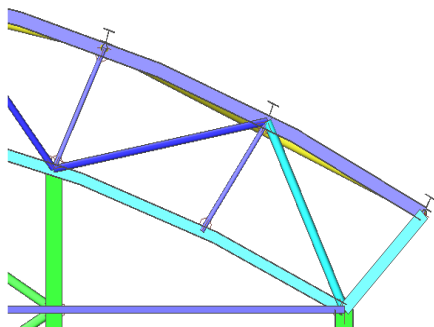
$$\frac{\sum \sigma_i}{f_y} + \frac{\sum \tau_i}{f_y / \sqrt{3}} = \frac{\frac{0,025 \cdot 10^3}{2,17 \cdot 10^3} + \frac{5,478 \cdot 10^6}{114,00 \cdot 10^3} + \frac{1,386 \cdot 10^6}{22,600 \cdot 10^3}}{235} + \frac{331,53 \cdot 10^3}{1,00625 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot \sqrt{3}} =$$

$$\frac{0,01+48,05+61,33}{235} + 0,0 = 0,62$$

$$0,62 \leq 1,00$$

... diagonála vyhovuje na komb. ohybu, osové a smyk. síly

**DIAGONÁLA PŘÍHRADOVÉ KONSTRUKCE VYHOVUJE NA ÚNOSNOST**



#### 5.14 Tlačená diagonála příhradového vazník – TR 114x8:

##### Popis prvku:

Posuzovaný prvek: *tlačená diagonála příhrad. vaz.*

Profil: *TR 114x8*

##### Návrhové vnitřní síly na prute v krit. místě:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= -205,65 \text{ kN} & T_{Ed} &\cong -0,19 \text{ kNm} \\ M_{y,Ed} &= 0,00 \text{ kNm} & V_{y,Ed} &= -0,30 \text{ kN} \\ M_{z,Ed} &= 0,00 \text{ kNm} & V_{z,Ed} &= 0,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

##### Průřezové charakteristiky TR 114x8:

$$\begin{aligned} A &= 2,664 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ I &= 3,76 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 & A_{v,z} &= 1,696 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ W_{el,y} &= 66 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ I_d &= 6,96 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 & W_{pl} &= 90,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ i &= 37,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

##### Parciální součinitele spolehlivosti materiálu:

Podle ČSN EN 1993-1-1: 6.1, (1):

- odolnost průřezů kterékoliv třídy  $\gamma_{M0} = 1,00$
- odolnost prutů při posuzování straty stability prutů  $\gamma_{M1} = 1,00$
- odolnost tažených průřezů proti lomu  $\gamma_{M2} = 1,25$

##### Materiál:

**Ocel S 235:**  $f_{y,k} = 235 \text{ MPa} \rightarrow \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$   
 $E = 210 \text{ GPa}$   
 $G = 81 \text{ GPa}$

##### Posouzení na tlak:

Průřez třídy 3

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} = \frac{205,65 \cdot 10^3}{2,664 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00} = \frac{205,65}{626,04} = 0,33$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,33 \leq 1,00$$

...tlačená diagonála vyhovuje na tlak

**Posouzení ohybového momentu  $M_y$ :**

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... vyhovuje na ohybový moment  $M_y$

**Posouzení ohybového momentu  $M_z$ :**

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... vyhovuje na ohybový moment  $M_z$

**Posouzení na smyk  $V_y$ :**

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{V_{y,Ed}}{A_v(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}} = \frac{0,28 \cdot 10^3}{1,696 \cdot 10^3 \cdot (235/\sqrt{3})/1,00} =$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = \frac{0,30}{230,1} = 0,001$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = 0,001 \leq 1,00$$

... diagonála vyhovuje na smyk  $V_y$

**Posouzení na smyk  $V_z$ :**

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{yc,Rd}} = 0,00 \leq 1,00$$

... diagonála vyhovuje na smyk  $V_z$

**Posouzení na kombinaci ohybu, osově a smykové síly:**

Průřez třídy 3 pro danou kombinaci namáhání.

**Posouzení:**

$$\frac{\sum \sigma_i}{f_y} + \frac{\sum \tau_i}{f_y/\sqrt{3}} = \frac{\frac{0,025 \cdot 10^3}{2,17 \cdot 10^3} + \frac{5,478 \cdot 10^6}{114,00 \cdot 10^3} + \frac{1,386 \cdot 10^6}{22,600 \cdot 10^3}}{235} + \frac{78,86 \cdot 10^3}{1,00625 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot \sqrt{3}} =$$

$$\frac{0,01+48,05+61,33}{235} + 0,0 = 0,33$$

$$0,33 \leq 1,00$$

... diagonála vyhovuje na komb. ohybu, osově a smyk. síly

**DIAGONÁLA VYHOVUJE NA ÚNOSNOST**

**Posouzení pevnosti v prostém vzpěru:**

**Vzpěrné délky:**  $L_{cr} = L \cdot k_c = 3461 \cdot 1,00 = 3461 \text{ mm}$

**Štíhlost při vybočení z hlavních rovin:**

$$\lambda = L_{cr}/i = 3461/37,6 = 92,05 \leq 200$$

**Kritické Eulerovo zatížení:**

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,76 \cdot 10^6}{3461^2} = 649,92 \cdot 10^3 \text{ N}$$

**Relativní štíhlosti:**

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,664 \cdot 10^3 \cdot 235}{649,92 \cdot 10^3}} = 0,98 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{205,65 \cdot 10^3}{649,92 \cdot 10^3} = 0,32 > 0,04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} = 0,32 > 0,04$$

... velikost tlakové síly neumožňuje zanedbat účinky prost. vzpěru

**Posouzení prostorového vzpěru:**

**Vzpěrná délka:**  $L_{cr,\omega} = L \cdot k_\omega = 3461 \cdot 1,00 = 3461 \text{ mm}$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením:**

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 = 37,6^2 + 0 + 0 + 0 =$$

$$i_0^2 = 1413,76 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left( GI + \frac{\pi^2 EI_d}{L_{cr}^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{1413,76} \left( 81 \cdot 10^3 \cdot 3,76 \cdot 10^6 + \frac{\pi^2 210 \cdot 10^3 \cdot 2,05 \cdot 10^7}{3461^2} \right) =$$

$$N_{cr,T} = 215426 \text{ kN}$$

**Kritická síla v pružném stavu při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$N_{cr,TF} = 1413,76 \text{ kN}$$

**Relativní štíhlost při ztrátě stability kroucením s ohybem:**

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{2,664 \cdot 10^3 \cdot 235}{1413,76 \cdot 10^3}} = 0,665 > \bar{\lambda}_0 = 0,2$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} = \frac{205,65}{1413,76} = 0,145 > 0,04$$

... velikost tlak. síly neumožňuje zanedbat účinky prostorového vzpěru

- vzpěrná křivka  $d$

$$\bar{\lambda}_T = 0,665$$

$$\chi = 0,663$$

**Únosnost na vzpěr:**

$$N_{b,Rd} = \chi A \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,663 \cdot 2,664 \cdot 10^3 \cdot 235 = 415,06 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{205,65}{415,06} = 0,50$$

$$0,50 < 1,00$$

... diagonála vyhovuje na únosnost ve vzpěru

**Posouzení stability na tlak s ohybem:**

ČSN EN 1993-1-1, čl. 6.3.3, vzorce (6.61) a (6.62)

Interakční metoda 2:

**Faktory momentu:**

$$C_{my} = 0,900 \quad C_{mz} = 0,950 \quad C_{mLT} = 1,000$$

**Interakční faktory:**

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,900 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,665 \cdot \frac{205,65}{0,663 \cdot 626,06 / 1,00} \right) = \underline{1,078}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right) \leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,950 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,665 \cdot \frac{205,65}{0,663 \cdot 626,06 / 1,00} \right) = \underline{1,137}$$

$$k_{yz} = k_{zz} = \underline{1,137}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05 \cdot 0,665}{(1,0 - 0,25)} \cdot \frac{205,65}{0,663 \cdot 626,06 / 1,00} = \underline{0,978}$$

**Hodnoty pro výpočet:**

$$\Delta M_{yEd} = \Delta M_{zEd} = 0 \quad (\text{pro průřezy třídy 3})$$

$$N_{Rk} = f_y A = 235 \cdot 2,664 \cdot 10^3 = \underline{626,06 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Rk} = f_y W_{el,y} = 235 \cdot 1,36 \cdot 10^5 = \underline{15,51 \text{ kNm}}$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{el,z} = 235 \cdot 1,36 \cdot 10^5 = \underline{15,51 \text{ kNm}}$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \lambda_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \lambda_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \lambda_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \lambda_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{yEd}}{M_{z,Rk} / \lambda_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{205,65}{0,663 \cdot 626,06 / 1,00} + 1,078 \cdot \frac{0}{15,51} + 1,137 \cdot \frac{0}{15,51} = 0,664$$

$$\frac{205,65}{0,663 \cdot 626,06 / 1,00} + 0,978 \cdot \frac{0}{15,51} + 1,137 \cdot \frac{0}{15,51} = 0,664$$

$$6.61: 0,50 + 0,00 + 0,00 = 0,5 \leq 1,00$$

$$6.62: 0,050 + 0,00 + 0,00 = 0,5 \leq 1,00$$

... diagonála vyhovuje na stab. při namáhání tlakem a ohybem

**5.15 Posouzení vazníku na MSP****Výsledný průhyb – MSP, charakteristická kombinace:**

$$u_z = -38,8 \text{ mm}$$

$$u_y = -56,4 \text{ mm}$$

**Mezní průhyby:****SVISLÝ PRŮHYB VAZNÍKU**

$$u_{z,max} = L/250 = 28000/250 = 112,00 \text{ mm}$$

$$u_z = 38,8 \text{ mm} \leq u_{z,max} = 112,00 \text{ mm}$$

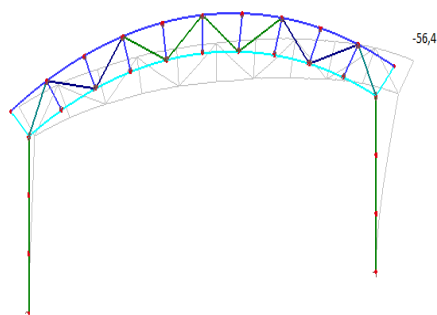
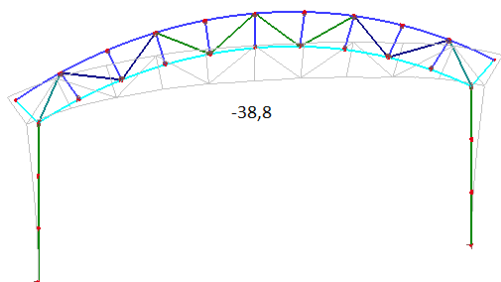
... vazník vyhovuje na mezní průhyby od charakt. Kombinace

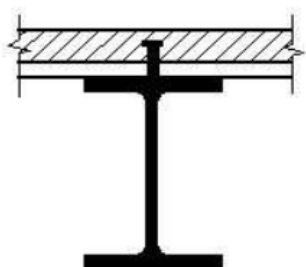
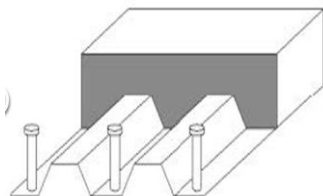
**VODOROVNÝ PRŮHYB**

$$u_{y,max} = L/150 = 9600/150 = 64 \text{ mm}$$

$$u_y = 56,4 \text{ mm} \leq u_{y,max} = 64,00 \text{ mm}$$

... vazník vyhovuje na mezní průhyby od charakt. Kombinace

**VAZNÍK VYHOVUJE NA POUŽÍVATELNOST**



### 5.16 Návrh spřažené stropní konstrukce – zázemí – stropnice 1.NP:

#### Návrh stropnice:

Základní údaje:

- Vzdálenost stropnic: 2333 mm
- Rozpětí: 7000 mm
- Trapézový plech CB 40/160

#### **CB40/160**

- Hloubka vlny : 40 mm
- Dolní vlny : 51 mm
- Délka vlny : 160 mm
- Plocha betonu ve vlně : 0,0198 m<sup>2</sup>/m'

= trapézový plech vyhovuje požadavkům na únosnosti betonové směsi:

- a) Konstrukční zatížení
- b) 10 % betonové směsi

#### **Zatížení stropnice** (výstup viz SCIA)

Med = 99,59 kN/m

Ned = 0,54 kN/m - kvůli velikosti síly nosník vždy vyhoví

#### **Předběžný návrh profilu stropnice**

$$W_{\min} = \frac{Med}{f_{yd}} = \frac{99,59}{355} = 280\,053\,mm^3$$

- NÁVRH IPE 200 - zvolena ocel S355

#### **Průřezové charakteristiky IPE 200:**

$A = 2,848 \cdot 10^3\,mm^2$	$W_{el,y} = 1,943 \cdot 10^5\,mm^3$
$I_y = 1,943 \cdot 10^7\,mm^4$	$W_{pl,y} = 2,206 \cdot 10^5\,mm^3$
$I_z = 1,424 \cdot 10^6\,mm^4$	$W_{el,z} = 2,847 \cdot 10^4\,mm^3$
$I_t = 6,98 \cdot 10^4\,mm^4$	$W_{pl,z} = 4,461 \cdot 10^4\,mm^3$
$A_{v,z} = 1,4 \cdot 10^3\,mm^2$	

#### **Spřažený stropní nosník:**

##### **Materiál**

Ocel S355       $f_{yk} = 355\,MPa$     $f_{yd} = 355\,MPa$   
 $E_a = 210\,MPa$



Beton C30/37  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$   
 $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$   
 $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$

**Výpočet průřezu** $d = 200 \text{ mm}$ ,  $h = 110 \text{ mm}$ **Spolupůsobící šířka  $b_{eff}$ :**

$$b_{eff} = \frac{l_o}{4} \leq b$$

$$b_{eff} = \frac{7}{4} \leq 1,75 \text{ m}$$

$$b_{eff} < b \quad 1,75 \text{ m} < 2,33 \text{ m}$$

$$b_{eff} = 1,75 \text{ m}$$

**Poloha neutrálné osy :**

$$x = \frac{A_a \cdot f_{yd} \cdot \gamma_c}{(b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd} \cdot \gamma_a)}$$

$$x = \frac{2,848 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 1,5}{(1,75 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 1,15)}$$

$$x = 44,327 \text{ mm}$$

**Moment únosnosti spřaženého nosníku :**

$$F_a = A_a \cdot f_{yd}$$

$$M_{Rd,pl} = F_a \cdot r$$

$$F_a = (2848 \cdot 355)/1000$$

$$M_{Rd,pl} = 1011,04 \cdot 0,188$$

$$F_a = 1011,04 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,pl} = 190,08 \text{ kN}$$

- Neutrální osa prochází betonovou deskou

$$M_{Ed} < M_{Rd,pl}$$

$$99,58 \text{ kN} < 190,08 \text{ kN}$$

.....**VYHOVUJE****Spřažený nosník :**

Smyková síla v polovině rozpětí

$$F_a = F_{cf} = A_a \cdot f_{yd} = 2848 \cdot 355 = 1011,04 \text{ kN}$$

**Únosnost spřahovacích trnů :**

Trn o 12,7 mm

 $h = 79 \text{ mm}$  $f_{ut} = 360 \text{ MPa}$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 30 \text{ MPa}$$

$$P_{Rk1} = 0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4$$

$$P_{Rk1} = 0,8 \cdot 360 \cdot \pi \cdot \frac{0,0127^2}{4} = 36,5 \text{ kN}$$

$$P_{Rk2} = 0,29 \cdot 1 \cdot d_t^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}$$

$$P_{Rk2} = 0,29 \cdot 1 \cdot 0,0127^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 30000} = 44,37 \text{ kN}$$

$$P_{Rk} = \min(P_{Rk1}; P_{Rk2})$$

$$P_{Rk} = 36,5 \text{ kN}$$

**Počet spřahovacích trnů :**

$$N_f = F_{cf} / P_{Rd}$$

$$N_f = \frac{1011,04}{36,5} = 27,7 \text{ kN}$$

- 28 trnů po 250 mm

.....VYHOVUJE

**Výpočet průhybu spřaženého stropní nosník: MSP**

- Charakteristiky ideálního průřezu

**Modul pružnosti:**

$$E_{c,i} = E_{c,m} / 2$$

$$E_{c,i} = \frac{30}{2} = 15 \text{ GPa}$$

**Poloměr modulové pružnosti:**

$$n = E_a / E_{c,i}$$

$$n = 210 / 15 = 14$$

**Plocha ocelového profilu:**

$$A_a = 2,848 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

**Plocha tlačенého betonu:**

$$A_{c,i} = 5500 \text{ mm}^2$$

**Těžiště tlač. Betonové plochy:**

$$t_{c,i} = h + d - \frac{x}{2} = 200 + 110 - 22 = 288 \text{ mm}$$

**Moment setrvačnosti tlačené betonové plochy:**

$$I_{c,i} = \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{b_{eff}}{n} \right) \cdot x^3 = \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{1750}{14} \right) \cdot 44^3 = 8,8733 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

**Plocha tlačéného betonu:**

$$E_{c,i} = E_{c,m} / 2$$

$$E_{c,i} = \frac{30}{2} = 15 \text{ GPa}$$

**Těžiště ocelového profilu:**

$$t_a = t / 2$$

$$t_a = \frac{200}{2} = 100 \text{ mm}$$

**Plocha IPE+ tlačéného betonu:**

$$A_i = A_a + A_{c,i} = 2848 + 5500 = 8348 \text{ mm}^2$$

**Těžiště celkové:**

$$t_i = (A_{c,i} \cdot t_{c,i} + A_a \cdot t_a) / A_i$$

$$t_i = \frac{(5500 \cdot 288 + 2848 \cdot 100)}{8348} = 223,9 \text{ mm}$$

**Vzdálenost t. ocelového profilu od těžiště celkem:**

$$z_a = t_i - t_a = 223,9 - 100 = 123,9 \text{ mm}^2$$

**Vzdálenost betonu od těžiště celkem:**

$$z_c = t_{c,i} - t_i = 288 - 223,9 = 64,14 \text{ mm}^2$$

**Moment setrvačnosti celkem:**

$$\begin{aligned} I_i &= I_a + A_a \cdot z_a^2 + I_{c,i} + A_{c,i} \cdot z_c^2 \\ &= 1,943 \cdot 10^7 + 2848 \cdot 109,37^2 + 8,8733 \cdot 10^5 \\ &\quad + 5500 \cdot 64,14^2 = 7,202 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

**PRŮHYB KONSTRUKCE:**

$$\delta_a = \frac{\frac{5}{384} \cdot g_{k1} \cdot l^4}{E_a \cdot I_a} = \frac{\frac{5}{384} \cdot 3,2 \cdot 7000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 1,943 \cdot 10^7} = 20,52 \text{ mm}$$

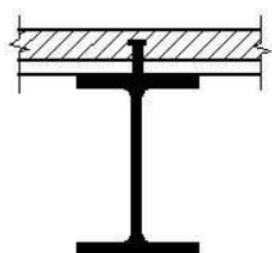
$$\delta_c = \frac{\frac{5}{384} \cdot g_{k1} \cdot l^4}{E_a \cdot I_i} = \frac{\frac{5}{384} \cdot 4,11 \cdot 7000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 7,202 \cdot 10^7} = 6,49 \text{ mm}$$

$$\delta = \delta_c + \delta_a = 20,52 + 6,49 = 27,01 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} = \frac{L}{250} = \frac{7000}{250} = 28 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \delta &< \delta_{lim} \\ 27,01 \text{ mm} &< 28,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

.....VYHOVUJE



### 5.17 Návrh spřažené stropní konstrukce – zázemí – průvlak 1.NP:

#### Návrh průvlak:

Základní údaje:

- Vzdálenost stropnic: 2333 mm
- Délka průvlaku: 7000 mm

#### **Zatížení stropnice** (výstup viz SCIA)

$M_{ed} = 303,27 \text{ kN/m}$

$N_{ed} = 0,54 \text{ kN/m}$  - kvůli velikosti síly nosník vždy vyhoví

#### **Předběžný návrh profilu stropnice**

$$W_{min} = \frac{M_{ed}}{f_{yd}} = 0,65 \cdot \frac{303,27}{355} = 555\,283 \text{ mm}^3$$

- NÁVRH IPE 330 - zvolena ocel S355

#### Průřezové charakteristiky IPE 330:

$A = 6,261 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	$W_{el,y} = 7,131 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$
$I_y = 1,177 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$	$W_{pl,y} = 8,043 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$
$I_z = 1,424 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$W_{el,z} = 9,852 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$
$I_t = 2,815 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$	$W_{pl,z} = 1,537 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$
$A_{v,z} = 3,081 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	

#### Spřažený stropní nosník:

##### **Materiál**

Ocel S355  $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$   $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$   
 $E_a = 210 \text{ MPa}$

Beton C30/37  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$   
 $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$   
 $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$

##### **Výpočet průřezu**

$d = 330 \text{ mm}$ ,  $h = 110 \text{ mm}$

##### **Poloha neutrálné osy :**

$$x = \frac{A_a \cdot f_{yd} \cdot \gamma_c}{(b \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \gamma_a)}$$

$$x = \frac{6,261 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 1,5}{(1,75 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 1,15)}$$

$$x = 97,449 \text{ mm}$$

**Moment únosnosti spřaženého nosníku :**

$$F_a = A_a \cdot f_{yd}$$

$$M_{Rd,pl} = F_a \cdot r$$

$$F_a = (6261 \cdot 355)/1000$$

$$M_{Rd,pl} = 2222,655 \cdot 0,226$$

$$F_a = 2222,655 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,pl} = 502,93 \text{ kN}$$

- Neutrální osa prochází betonovou deskou

$$M_{Ed} < M_{Rd,pl}$$

$$303,27 \text{ kN} < 502,93 \text{ kN}$$

.....**VYHOVUJE**

**Spřažený nosník :**

Smyková síla v polovině rozpětí

$$F_a = F_{cf} = A_a \cdot f_{yd} = 6261 \cdot 355 = 2222,655 \text{ kN}$$

**Posouzení na smyk:**

$$V_{Ed} = 117 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,pl} = \frac{(A_v \cdot f_{yd})}{\sqrt{3}} = \frac{(6261 \cdot 355)}{\sqrt{3}} = 1283,25 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,pl}$$

$$135 \text{ kN} < 1283,25 \text{ kN}$$

**VYHOVUJE**

$$V_{Ed} < 0,5 V_{Rd,pl}$$

- Neuvažujeme vliv smyku na únosnost v ohybu

**Únosnost spřahovacích trnů :**

Trn o 15,8 mm

$f_{ut} = 360 \text{ MPa}$

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$E_{cm} = 30 \text{ MPa}$

$$P_{Rk1} = 0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4$$

$$P_{Rk1} = 0,8 \cdot 360 \cdot \pi \cdot \frac{0,0158^2}{4} = 56,467 \text{ kN}$$

$$P_{Rk2} = 0,29 \cdot 1 \cdot d_t^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}$$

$$P_{Rk2} = 0,29 \cdot 1 \cdot 0,0127^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 30000} = 56,077 \text{ kN}$$

$$P_{Rk} = \min(P_{Rk1}; P_{Rk2})$$

$$P_{Rk} = 56,077 \text{ kN}$$

**Počet spřahovacích trnů :**

$$N_f = F_{cf} / P_{Rd}$$

$$k_t = \min\left\{\frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_t}{h_p} - 1\right); 1\right\}$$

$$k_t = \min\left\{\frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{79}{40} \cdot \left(\frac{75}{40} - 1\right); 1\right\}$$

$$k_t = \{1,21; 1\} \quad \Rightarrow \quad k_t = 1,21$$

$$k_l = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_t}{h_p} - 1\right)$$

$$k_l = 0,6 \cdot \frac{79}{40} \cdot \left(\frac{75}{40} - 1\right)$$

$$\Rightarrow \quad k_l = 1,04$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v \cdot k_t} = \frac{56,077}{1 \cdot 1,3} = 43,136 \text{ kN}$$

$$N_f = \frac{2222,655}{43,14} = 51,52$$

- 52 trnů

.....VYHOVUJE

### Výpočet průhybu spřaženého stropní nosník: MSP

- Charakteristiky ideálního průřezu

#### **Modul pružnosti:**

$$E_{c,i} = E_{c,m} / 2$$

$$E_{c,i} = \frac{30}{2} = 15 \text{ GPa}$$

#### **Poloměr modulové pružnosti:**

$$n = E_a / E_{c,i}$$

$$n = 210 / 15 = 14$$

$$\text{Plocha ocelového profilu:} \quad A_a = 6,261 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Plocha tlaččeného betonu:} \quad A_{c,i} = 12\,188 \text{ mm}^2$$

#### **Těžiště tlač. Betonové plochy:**

$$t_{c,i} = h + d - \frac{x}{2} = 330 + 110 - 48,75 = 391,25 \text{ mm}$$

#### **Moment setrvačnosti tlačené betonové plochy:**

$$I_{c,i} = \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{b_{eff}}{n} \right) \cdot x^3 = \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{1750}{14} \right) \cdot 97,5^3 = 9,6547 \cdot 10^6 mm^4$$

**Plocha tlačného betonu:**

$$E_{c,i} = E_{c,m}/2$$

$$E_{c,i} = \frac{30}{2} = 15 GPa$$

**Těžiště ocelového profilu:**

$$t_a = t / 2$$

$$t_a = \frac{330}{2} = 165 mm$$

**Plocha IPE+ tlačného betonu:**

$$A_i = A_a + A_{c,i} = 6261 + 12\,188 = 18\,449 mm^2$$

**Těžiště celkové:**

$$t_i = (A_{c,i} \cdot t_{c,i} + A_a \cdot t_a) / A_i$$

$$t_i = \frac{(12\,188 \cdot 391,25 + 6261 \cdot 165)}{18449} = 282,26 mm$$

**Vzdálenost t. ocelového profilu od těžiště celkem:**

$$z_a = t_i - t_a = 282,26 - 165 = 117,26 mm$$

**Vzdálenost betonu od těžiště celkem:**

$$z_c = t_{c,i} - t_i = 342,5 - 282,26 = 60,24 mm$$

**Moment setrvačnosti celkem:**

$$\begin{aligned} I_i &= I_a + A_a \cdot z_a^2 + I_{c,i} + A_{c,i} \cdot z_c^2 \\ &= 1,177 \cdot 10^8 + 6261 \cdot 117,26^2 + 9,6547 \cdot 10^6 \\ &\quad + 12188 \cdot 60,24^2 = 2,5767 \cdot 10^8 mm^4 \end{aligned}$$

**PRŮHYB KONSTRUKCE:**

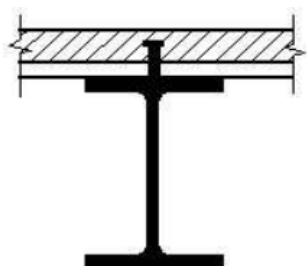
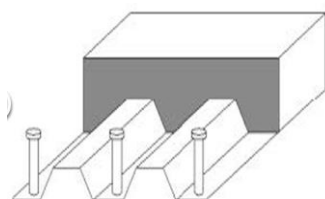
$$\delta_{a,1} = \frac{\frac{5}{384} \cdot g_{k1} \cdot l^4}{E_a \cdot I_a} = \frac{\frac{5}{384} \cdot 1,5 \cdot 7000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 1,177 \cdot 10^8} = 1,9 mm$$

$$\delta_{a,2} = \frac{\frac{63}{1000} \cdot F_k \cdot l^3}{E_a \cdot I_i} = \frac{\frac{63}{1000} \cdot 52,14 \cdot 7000^3}{210 \cdot 10^3 \cdot 2,5767 \cdot 10^8} = 20,8 mm$$

$$\delta_c = \frac{\frac{63}{1000} \cdot (g_{k2} + q_{k2}) \cdot l^3}{E_a \cdot I_i} = \frac{\frac{63}{1000} \cdot 24,14 \cdot 7000^3}{210 \cdot 10^3 \cdot 2,5767 \cdot 10^8} = 0,1 mm$$

$$\delta = \delta_c + \delta_{a,1} + \delta_{a,2} = 0,09 + 1,9 + 20,8 = 22,8 mm$$

$$\delta_{max} = \frac{L}{250} = \frac{7000}{250} = 28 mm$$



$$\delta < \delta_{lim}$$

$$22,8 \text{ mm} < 28,00 \text{ mm}$$

.....**VYHOVUJE**

### 5.18 Návrh spřažené stropní konstrukce – zázemí – stropnice 2.NP:

#### Návrh stropnice:

Základní údaje:

- Vzdálenost stropnic: 2333 mm
- Rozpětí: 7000 mm
- Trapézový plech CB 40/160

#### **CB40/160**

- Hloubka vlny : 40 mm
- Dolní vlny : 51 mm
- Délka vlny : 160 mm
- Plocha betonu ve vlně : 0,0198 m<sup>2</sup>/m'

= trapézový plech vyhovuje požadavkům na únosnosti betonové směsi:

- Konstrukční zatížení
- 10 % betonové směsi

#### **Zatížení stropnice** (výstup viz SCIA)

Med = 105,48 kN/m

Ned = 0,54 kN/m - kvůli velikosti síly nosník vždy vyhoví

#### **Předběžný návrh profilu stropnice**

$$W_{min} = \frac{Med}{f_{yd}} = \frac{105,48}{355} = 280\,053 \text{ mm}^3$$

- **NÁVRH IPE 220** - zvolena ocel S355

#### **Průřezové charakteristiky IPE 220:**

$A = 3,337 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	$W_{el,y} = 2,772 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$
$I_y = 2,772 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$	$W_{pl,y} = 2,854 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$
$I_z = 2,049 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$W_{el,z} = 3,725 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$
$I_t = 9,066 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$W_{pl,z} = 5,811 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$
$A_{v,z} = 1,588 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	



**Spřažený stropní nosník:**

**Materiál**

Ocel S355       $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$     $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$   
                     $E_a = 210 \text{ MPa}$

Beton C30/37    $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$   
                     $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$   
                     $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$

**Výpočet průřezu**

$d = 220 \text{ mm}$ ,  $h = 110 \text{ mm}$

***Spolupůsobící šířka  $b_{eff}$ :***

$$b_{eff} = \frac{l_o}{4} \leq b$$

$$b_{eff} = \frac{7}{4} \leq 1,75 \text{ m}$$

$$b_{eff} < b \qquad 1,75 \text{ m} < 2,33 \text{ m}$$

$$b_{eff} = 1,75 \text{ m}$$

***Poloha neutrálné osy :***

$$x = \frac{A_a \cdot f_{yd} \cdot \gamma_c}{(b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd} \cdot \gamma_a)}$$

$$x = \frac{3,337 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 1,5}{(1,75 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 1,15)}$$

$$x = 51,94 \text{ mm}$$

***Moment únosnosti spřaženého nosníku :***

$$F_a = A_a \cdot f_{yd}$$

$$M_{Rd,pl} = F_a \cdot r$$

$$F_a = (3337 \cdot 355) / 1000$$

$$M_{Rd,pl} = 1184,635 \cdot 0,194$$

$$F_a = 1184,635 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,pl} = 229, \text{ kN}$$

- Neutrálná osa prochází betonovou deskou

$$M_{Ed} < M_{Rd,pl}$$

$$105,92 \text{ kN} < 229,82 \text{ kN}$$

.....**VYHOVUJE**

***Spřažený nosník :***

Smyková síla v polovině rozpětí

$$F_a = F_{cf} = A_a \cdot f_{yd} = 3337 \cdot 355 = 1184,635 \text{ kN}$$

**Únosnost spřahovacích trnů :**

Trn o 12,7 mm	$h = 79 \text{ mm}$	$f_{ut} = 360 \text{ MPa}$
	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$	$E_{cm} = 30 \text{ MPa}$

$$P_{Rk1} = 0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4$$

$$P_{Rk1} = 0,8 \cdot 360 \cdot \pi \cdot \frac{0,0127^2}{4} = 36,5 \text{ kN}$$

$$P_{Rk2} = 0,29 \cdot 1 \cdot d_t^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}$$

$$P_{Rk2} = 0,29 \cdot 1 \cdot 0,0127^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 30000} = 44,37 \text{ kN}$$

$$P_{Rk} = \min(P_{Rk1}; P_{Rk2})$$

$$P_{Rk} = 36,5 \text{ kN}$$

**Počet spřahovacích trnů :**

$$N_f = F_{cf} / P_{Rd}$$

$$N_f = \frac{1184,635}{36,5} = 32,46 \text{ kN}$$

- 33 trnů po 210 mm

.....VYHOVUJE

**Výpočet průhybu spřaženého stropní nosník: MSP**

- Charakteristiky ideálního průřezu

**Modul pružnosti:**

$$E_{c,i} = E_{c,m} / 2$$

$$E_{c,i} = \frac{30}{2} = 15 \text{ GPa}$$

**Poloměr modulové pružnosti:**

$$n = E_a / E_{c,i}$$

$$n = 210 / 15 = 14$$

**Plocha ocelového profilu:**

$$A_a = 3,337 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

**Plocha tlačného betonu:**

$$A_{c,i} = 6500 \text{ mm}^2$$

**Těžiště tlač. Betonové plochy:**

$$t_{c,i} = h + d - \frac{x}{2} = 220 + 110 - 25,97 = 304,03 \text{ mm}$$

**Moment setrvačnosti tlačného betonové plochy:**

$$I_{c,i} = \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{b_{eff}}{n} \right) \cdot x^3 = \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{1750}{14} \right) \cdot 51,94^3 = 1,46 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

**Plocha tlačného betonu:**

$$E_{c,i} = E_{c,m}/2$$
$$E_{c,i} = \frac{30}{2} = 15 \text{ GPa}$$

**Těžiště ocelového profilu:**

$$t_a = t / 2$$
$$t_a = \frac{220}{2} = 110 \text{ mm}$$

**Plocha IPE+ tlačného betonu:**

$$A_i = A_a + A_{c,i} = 3337 + 6500 = 9837 \text{ mm}^2$$

**Těžiště celkové:**

$$t_i = (A_{c,i} \cdot t_{c,i} + A_a \cdot t_a) / A_i$$

$$t_i = \frac{(6500 \cdot 304,03 + 3337 \cdot 110)}{9837} = 238,21 \text{ mm}$$

**Vzdálenost t. ocelového profilu od těžiště celkem:**

$$z_a = t_i - t_a = 238,21 - 110 = 128,21 \text{ mm}^2$$

**Vzdálenost betonu od těžiště celkem:**

$$z_c = t_{c,i} - t_i = 304,03 - 238,21 = 65,82 \text{ mm}^2$$

**Moment setrvačnosti celkem:**

$$I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + I_{c,i} + A_{c,i} \cdot z_c^2$$
$$= 2,772 \cdot 10^7 + 3337 \cdot 128,21^2 + 1,46 \cdot 10^6$$
$$+ 6500 \cdot 65,82^2 = 1,122 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

**PRŮHYB KONSTRUKCE:**

$$\delta_a = \frac{\frac{5}{384} \cdot g_{k1} \cdot l^4}{E_a \cdot I_a} = \frac{\frac{5}{384} \cdot 3,251 \cdot 7000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 2,772 \cdot 10^7} = 17,83 \text{ mm}$$

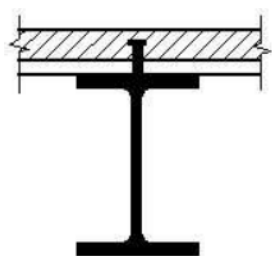
$$\delta_c = \frac{\frac{5}{384} \cdot g_{k1} \cdot l^4}{E_a \cdot I_i} = \frac{\frac{5}{384} \cdot 4,52 \cdot 7000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 1,122 \cdot 10^8} = 6,00 \text{ mm}$$

$$\delta = \delta_c + \delta_a = 17,83 + 6,00 = 23,83 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} = \frac{L}{250} = \frac{7000}{250} = 28 \text{ mm}$$

$$\delta < \delta_{lim}$$
$$23,83 \text{ mm} < 28,00 \text{ mm}$$

.....**VYHOVUJE**



### 5.19 Návrh spřažené stropní konstrukce – zázemí – průvlak 2.NP:

#### Návrh průvlak:

Základní údaje:

- Vzdalenost stropnic: 2333 mm
- Délka průvlaku: 7000 mm

#### **Zatížení stropnice** (výstup viz SCIA)

$M_{ed} = 241,03 \text{ kN/m}$

$N_{ed} = 0,54 \text{ kN/m}$  - kvůli velikosti síly nosník vždy vyhoví

#### **Předběžný návrh profilu stropnice**

$$W_{min} = \frac{M_{ed}}{f_{yd}} = 0,65 \cdot \frac{241,03}{355} = 441\,322 \text{ mm}^3$$

- NÁVRH IPE 330 - zvolena ocel S355

#### Průřezové charakteristiky IPE 330:

$$\begin{aligned} A &= 6,261 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 & W_{el,y} &= 7,131 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\ I_y &= 1,177 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 & W_{pl,y} &= 8,043 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\ I_z &= 1,424 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 & W_{el,z} &= 9,852 \cdot 10^4 \text{ mm}^3 \\ I_t &= 2,815 \cdot 10^5 \text{ mm}^4 & W_{pl,z} &= 1,537 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\ A_{v,z} &= 3,081 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### Spřažený stropní nosník:

##### **Materiál**

Ocel S355  $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$   $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$   
 $E_a = 210 \text{ MPa}$

Beton C30/37  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$   
 $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$   
 $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$

##### **Výpočet průřezu**

$d = 330 \text{ mm}$ ,  $h = 110 \text{ mm}$

##### **Poloha neutrálné osy :**

$$x = \frac{A_a \cdot f_{yd} \cdot \gamma_c}{(b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd} \cdot \gamma_a)}$$

$$x = \frac{6,261 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 1,5}{(1,75 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 1,15)}$$

$$x = 97,449 \text{ mm}$$

**Moment únosnosti spřaženého nosníku :**

$$F_a = A_a \cdot f_{yd}$$

$$M_{Rd,pl} = F_a \cdot r$$

$$F_a = (6261 \cdot 355)/1000$$

$$M_{Rd,pl} = 2222,655 \cdot 0,226$$

$$F_a = 2222,655 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,pl} = 502,93 \text{ kN}$$

- Neutrálná osa prochází betonovou deskou

$$M_{Ed} < M_{Rd,pl}$$

$$241,02 \text{ kN} < 502,93 \text{ kN}$$

.....**VYHOVUJE**

**Spřažený nosník :**

Smyková síla v polovině rozpětí

$$F_a = F_{cf} = A_a \cdot f_{yd} = 6261 \cdot 355 = 2222,655 \text{ kN}$$

**Posouzení na smyk:**

$$V_{Ed} = 135 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,pl} = \frac{(A_v \cdot f_{yd})}{\sqrt{3}} = \frac{(6261 \cdot 355)}{\sqrt{3}} = 1283,25 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,pl}$$

$$135 \text{ kN} < 1283,25 \text{ kN}$$

**VYHOVUJE**

$$V_{Ed} < 0,5 V_{Rd,pl}$$

- Neuvažujeme vliv smyku na únosnost v ohybu

**Únosnost spřahovacích trnů :**

Trn o 15,8 mm

$f_{ut} = 360 \text{ MPa}$

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$E_{cm} = 30 \text{ MPa}$

$$P_{Rk1} = 0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4$$

$$P_{Rk1} = 0,8 \cdot 360 \cdot \pi \cdot \frac{0,0158^2}{4} = 56,467 \text{ kN}$$

$$P_{Rk2} = 0,29 \cdot 1 \cdot d_t^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}$$

$$P_{Rk2} = 0,29 \cdot 1 \cdot 0,0127^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 30000} = 56,077 \text{ kN}$$

$$P_{Rk} = \min(P_{Rk1}; P_{Rk2})$$

$$P_{Rk} = 56,077 \text{ kN}$$

**Počet spřahovacích trnů :**

$$N_f = F_{cf} / P_{Rd}$$

$$k_t = \min\left\{\frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_t}{h_p} - 1\right); 1\right\}$$

$$k_t = \min\left\{\frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{79}{40} \cdot \left(\frac{75}{40} - 1\right); 1\right\}$$

$$k_t = \{1,21; 1\} \quad \Rightarrow \quad k_t = 1,21$$

$$k_l = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_t}{h_p} - 1\right)$$

$$k_l = 0,6 \cdot \frac{79}{40} \cdot \left(\frac{75}{40} - 1\right)$$

$$\Rightarrow k_l = 1,04$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v \cdot k_t} = \frac{56,077}{1 \cdot 1,3} = 43,136 \text{ kN}$$

$$N_f = \frac{2222,655}{43,14} = 51,52$$

- 52 trnů

.....VYHOVUJE

#### Výpočet průhybu spřaženého stropní nosník: MSP

- Charakteristiky ideálního průřezu

**Modul pružnosti:**

$$E_{c,i} = E_{c,m} / 2$$

$$E_{c,i} = \frac{30}{2} = 15 \text{ GPa}$$

**Poloměr modulové pružnosti:**

$$n = E_a / E_{c,i}$$

$$n = 210 / 15 = 14$$

**Plocha ocelového profilu:**  $A_a = 6,261 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

**Plocha tlačného betonu:**  $A_{c,i} = 12\,188 \text{ mm}^2$

**Těžiště tlač. Betonové plochy:**

$$t_{c,i} = h + d - \frac{x}{2} = 330 + 110 - 97,5 = 342,5 \text{ mm}$$

**Moment setrvačnosti tlačené betonové plochy:**

$$I_{c,i} = \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{b_{eff}}{n} \right) \cdot x^3 = \frac{1}{12} \cdot \left( \frac{1750}{14} \right) \cdot 97,5^3 = 9,6547 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

**Plocha tlačného betonu:****Těžiště ocelového profilu:**

$$E_{c,i} = E_{c,m}/2$$

$$t_a = t / 2$$

$$E_{c,i} = \frac{30}{2} = 15 \text{ GPa}$$

$$t_a = \frac{330}{2} = 165 \text{ mm}$$

**Plocha IPE+ tlačného betonu:**

$$A_i = A_a + A_{c,i} = 6261 + 12\,188 = 18\,449 \text{ mm}^2$$

**Těžiště celkové:**

$$t_i = (A_{c,i} \cdot t_{c,i} + A_a \cdot t_a) / A_i$$

$$t_i = \frac{(12\,188 \cdot 342,5 + 6261 \cdot 165)}{18449} = 282,26 \text{ mm}$$

**Vzdálenost t. ocelového profilu od těžiště celkem:**

$$z_a = t_i - t_a = 282,26 - 165 = 117,26 \text{ mm}$$

**Vzdálenost betonu od těžiště celkem:**

$$z_c = t_{c,i} - t_i = 342,5 - 282,26 = 60,24 \text{ mm}^2$$

**Moment setrvačnosti celkem:**

$$\begin{aligned} I_i &= I_a + A_a \cdot z_a^2 + I_{c,i} + A_{c,i} \cdot z_c^2 \\ &= 1,177 \cdot 10^8 + 6261 \cdot 117,26^2 + 9,6547 \cdot 10^6 \\ &\quad + 12188 \cdot 60,24^2 = 2,5767 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

**PRŮHYB KONSTRUKCE:**

$$\delta_{a,1} = \frac{\frac{5}{384} \cdot g_{k1} \cdot l^4}{E_a \cdot I_a} = \frac{\frac{5}{384} \cdot 1,5 \cdot 7000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 1,177 \cdot 10^8} = 1,9 \text{ mm}$$

$$\delta_{a,2} = \frac{\frac{63}{1000} \cdot F_k \cdot l^3}{E_a \cdot I_i} = \frac{\frac{63}{1000} \cdot 52,14 \cdot 7000^3}{210 \cdot 10^3 \cdot 2,5767 \cdot 10^8} = 20,8 \text{ mm}$$

$$\delta_c = \frac{\frac{63}{1000} \cdot (g_{k2} + q_{k2}) \cdot l^3}{E_a \cdot I_i} = \frac{\frac{63}{1000} \cdot 24,14 \cdot 7000^3}{210 \cdot 10^3 \cdot 2,5767 \cdot 10^8} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\delta = \delta_c + \delta_{a,1} + \delta_{a,2} = 0,09 + 1,9 + 20,8 = 22,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} = \frac{L}{250} = \frac{7000}{250} = 28 \text{ mm}$$

$$\delta < \delta_{lim}$$

$$22,8 \text{ mm} < 28,00 \text{ mm}$$

.....VYHOVUJE

## 5.20 Posouzení rámu zázemí na MSP

**Výsledný průhyb – MSP, charakteristická kombinace:**

$$u_x = -16,35 \text{ mm}$$

$$u_y = -31,0 \text{ mm}$$

**Mezní průhyby:**

$$u_{y,max} = L/200 = 6400/200 = 32,00 \text{ mm}$$

$$u_y = 31,0 \text{ mm} \leq u_{z,max} = 32,00 \text{ mm}$$

... vyhovuje na mezní průhyby od charakt. Kombinace

$$u_{x,max} = L/200 = 6400/200 = 32 \text{ mm}$$

$$u_x = 16,32 \text{ mm} \leq u_{x,max} = 32,00 \text{ mm}$$

... vazník vyhovuje na mezní průhyby od charakt. Kombinace

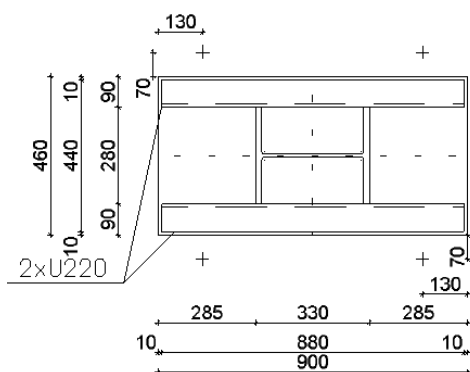
**VYHOVUJE NA POUŽÍVATELNOST**

## 5.21 Posouzení patky nosného sloupu

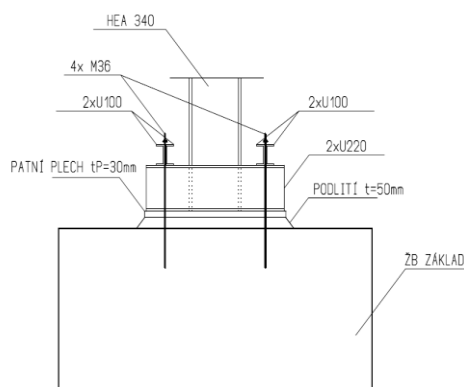
**Návrhové vnitřní síly v krit. místě:**

- Patka je vetknutá a posoudí se na 2 kombinace zatížení:
  1. Největší moment + velká tlaková síla
  2. Největší poměr  $N_{Ed}/M_{Ed}$ , případně s tahovou normálovou silou

$$1. \quad N_{Ed} = R_z = 262,28 \text{ kN}$$







$$M_{Ed} = -310,89 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = R_y = -0,94 \text{ kN}$$

### Průřezové charakteristiky sloupu HEA 340:

$$A = 7,684 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 7,763 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 2,769 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_t = 41,55 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 101 \text{ mm}$$

$$i_z = 60,0 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} = 2,518 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$W_{el,y} = 6,751 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 7,446 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 8,023 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

### Geometrie ocelové patky:

$$a = 900 \text{ mm}$$

$$b = 460 \text{ mm}$$

$$t_p = 30 \text{ mm}$$

$$r_t = 350 \text{ mm}$$

$$\text{Beton C16/20: } f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 16 \text{ MPa}$$

$$\text{Výška podlití: } 50 \text{ mm}$$

### Rozměry betonové patky

- Půdorysně:  $a_c \cdot b_c = 2000 \text{ mm} \cdot 1200 \text{ mm}$
- Výška: 800 mm

$$a_1 = \min(a_c, 3a, a + h) = \min(2000; 3 \cdot 900; 900 + 800) = 1700 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(b_c, 3b, b + h) = \min(1200; 3 \cdot 460; 460 + 800) = 1260 \text{ mm}$$

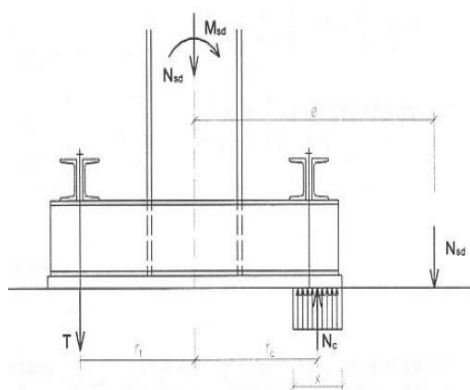
### Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 b_1}{ab}} = \sqrt{\frac{1700 \cdot 1260}{900 \cdot 460}} = 2,27$$

### Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \frac{k_j f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2,27 \cdot 16}{1,5} = 16,14 \text{ MPa}$$

### Přesah desky



$$c = t_p \sqrt{f_{yd}/3f_{jd}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 16,14}} = 66,1 \text{ mm}$$

**Účinná šířka patního plechu**

$$b_{eff} = 2 \cdot 80 + 2 \cdot c = 2 \cdot 80 + 2 \cdot 66,1 = 292,2 \text{ mm}$$

**Excentricita působíště normálové síly e; délka tlačené oblasti x1,x2; síla do kotevních šroubu T:**

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 1185 \text{ mm} \quad x_1 = x = 106 \text{ mm} \quad x_2 = 1599,089 \text{ mm}$$

$$N_c = 499,9 \text{ kN}$$

$$T = N_c - N_{Ed} = 499,9 - 262,28 = 237,62 \text{ kN}$$

**Průřez patky:**

Patní plech: 30x460 mm

Výztuhy 2x U220:

$$A = 2 \cdot 3740 = 7480 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 5,38 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$A_{v,z} = 4124 \text{ mm}^2$$

Svařený průřez:

$$A = 30 \cdot 460 + 7480 = 21280 \text{ mm}^2$$

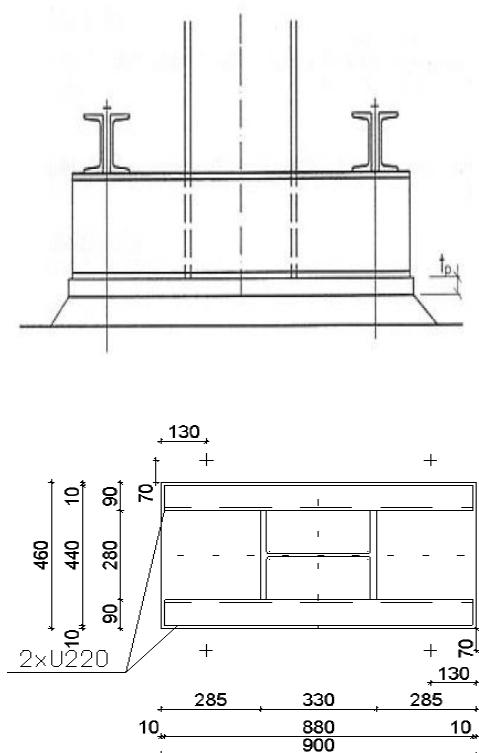
$$z_T = \frac{\sum A_i \cdot z_i}{A} = \frac{30 \cdot 460 \cdot 15 + 7480 \cdot \left(\frac{220}{2} + 30\right)}{21280} = 58,94 \text{ mm}$$

$$I_y = \frac{30^3 \cdot 460}{12} + 30 \cdot 460 \cdot (58,94 - 15)^2 + 2 \cdot 26,9 \cdot 10^6 + 7480 \cdot \left(\frac{220}{2} + 30 - 58,94\right)^2 = 13,062 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

**Posouzení na kombinaci ohybu a smyku:**

- Tlačená strana patky

$$\begin{aligned} M_p &= N_c \cdot \left(b_{eff} - \frac{x}{2}\right) \\ &= 499,9 \cdot (0,2922 - 0,053) = 119,6 \text{ kN} \\ V_p &= N_c = 499,9 \end{aligned}$$



- Tažená strana patky

$$M_l = T \cdot 0,165 = 237,62 \cdot 0,165 = 39,2 \text{ kNm}$$

Pružné posouzení:

$$W_{y,d} = 13,062 \cdot 10^7 / 39,2 = 3332346 \text{ mm}^3 \quad \text{dolní vlákna}$$

$$W_{y,h} = 13,062 \cdot 10^7 / (220 + 30 - 58,94) = 683659 \text{ mm}^3 \quad \text{horní vlákna - rozhoduje}$$

$$\sigma_{h,max} = \frac{M_{max}}{W_{y,h}} = \frac{119,6 \cdot 10^6}{683659} = 174,94 \text{ MPa} < f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = \frac{V_{max}}{A_{vz}} = \frac{499,9 \cdot 10^3}{4124} = 121,22 \text{ MPa} < f_{yd} / \sqrt{3} = 135,6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = 121,22 \text{ MPa} > \frac{135,6}{2} = 67,6 \text{ MPa}$$

=> **nutno posuzovat kombinaci M + V**

Normálové napětí v bodě 2 – místo pod pásnicí

$$\sigma_2 = \frac{M_{max}}{I_y} \cdot z_2 = \frac{119,6 \cdot 10^6}{13,062 \cdot 10^7} \cdot (210 - 58,94 - 23,5) = 113,8 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3\tau^2} = \sqrt{125,95^2 + 3 \cdot 113,8^2} = 233,91 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa}$$

**Průřez patky s výztuhami vyhovuje**

**Připojení podélných výztuh k patnímu plechu:**

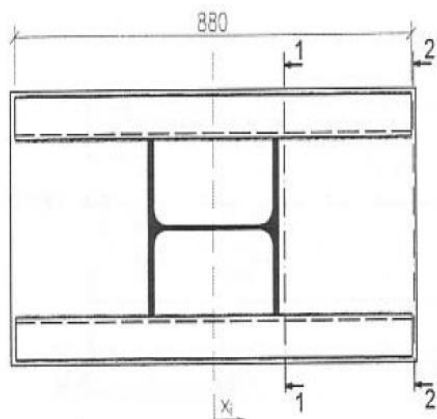
**Koutový svár a = 4 mm – dva sváry na jednu výztuhu U220**

$$N_{Ed} = 262,28 \text{ kN}$$

$$V_p = 499,9 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = -0,94 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 310,89 \text{ kNm}$$

**Napětí ve sváru:**

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p S_{f,y}}{I_y 4 a_{we}}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_{we}} \cdot x_i$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \sigma_{we} / \sqrt{2}$$

$$A_{we} = 4 \cdot 4 \cdot 880 = 17600 \text{ mm}^2$$

$$I_{we} = \frac{4 \cdot 4}{12} \cdot 880^3 = 1136 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$S_{f,y} = 460 \cdot 30 \cdot (58,94 - 15) = 606372 \text{ mm}^3$$

**- ŘEZ 1-1'**

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p S_{f,y}}{I_y 4 a_{we}} = \frac{940}{17600} + \frac{499900 \cdot 606372}{13,062 \cdot 10^7 \cdot 4 \cdot 5} = 0,053 + 116,033 = 116,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_{we}} \cdot x_i = \frac{262280}{17600} + \frac{310860000}{1136000000} \cdot (450 - 60,9) = 14,9 + 106,5 = 121,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{121,04}{\sqrt{2}} = 85,83 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{II}^2} = 288,14 \text{ MPa} \leq \frac{fu}{\beta_{wym2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

**- ŘEZ 2-2'**

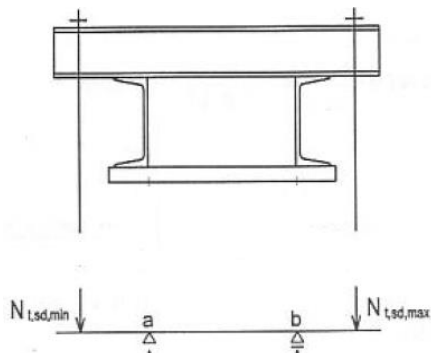
$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + 0 = 0,053 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_{we}} \cdot x_i = \frac{262280}{17600} + \frac{310860000}{1136000000} \cdot (440) = 14,9 + 120,4 = 135,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{135,3}{\sqrt{2}} = 95,7 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{II}^2} = 191,4 \text{ MPa} \leq \frac{fu}{\beta_{wym2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

**Sváry podélných výztuh k patnímu plechu vyhoví**



### Kotevní šrouby:

$$T_1 = \frac{T_{max}}{2} = \frac{237,62}{2} = 118,81 \text{ kN}$$

Z momentové podmínky rovnováhy k působišti síly  $N_{t,Ed,min}$ :

$$N_{t,Ed,max} = \frac{118,81(200 + 500)}{600} = 138,61 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed,min} = 237,62 - 138,61 = 99,01 \text{ kN}$$

**Návrh: M36x4  $A_s = 865 \text{ mm}^2$ , průměr dříku  $D = 40 \text{ mm}$**

### Posouzení únosností kotev

$$F_{t,Rd} = 0,85 \cdot \frac{0,9 \cdot 865 \cdot 360}{1,25} = 190,6 \text{ kN} > N_{t,Ed,max} = 138,61 \text{ kN}$$

Porušení v místě dříku:

$$F_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{\frac{\pi \cdot 40^2}{4} \cdot 235}{1,0} = 295,3 \text{ kN} > N_{t,Ed,max} = 150,7 \text{ kN}$$

**Kotvení šroubů vyhovuje**

### Kotevní šrouby:

$$M_{a,d} = 99,01 \cdot 0,2 = 19,8 \text{ kNm}$$

$$V_{a,d} = 99,01 \text{ kN}$$

$$M_{b,d} = 138,61 \cdot 0,1 = 13,86 \text{ kNm}$$

$$V_{b,d} = 138,61 \text{ kN}$$

### **Návrh: 2x U 100**

$$W_{pl,y} = 2 \cdot 49000 = 98000 \text{ mm}^3$$

$$A_{v,z} = 2 \cdot 646 = 1292 \text{ mm}^2$$

### Posouzení:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 1292 \cdot 235 = 175,3 \text{ kN} > V_{max,d} = 138,61 \text{ kN}$$

**Průřez na smyk vyhoví**

$$< 2 V_{max,d}$$

**Velký smyk nutno posoudit kombinaci M+V**

$$M_{pl,Rd} = 98000 \cdot 235 = 23,03 \text{ kNm} > 19,8 \text{ kNm}$$

**Průřez a:**

$$\rho = \left( \frac{2 \cdot 99,01}{175,3} - 1 \right)^2 = 0,017$$

$$\begin{aligned} M_{V,Rd} &= \left( W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4t_w} \right) \cdot f_{yd} \\ &= \left( 98000 - \frac{0,017 \cdot 1292^2}{4 \cdot 2 \cdot 6,0} \right) \cdot 235 \\ &= 22,89 \text{ kNm} > 19,8 \text{ kNm} \end{aligned}$$

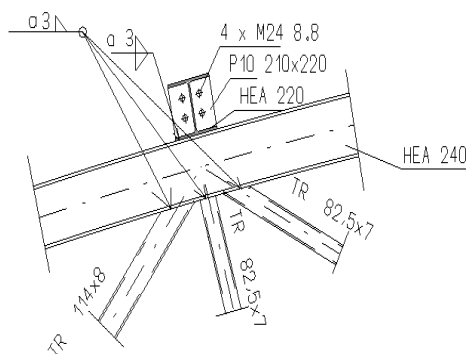
**Průřez b:**

$$\rho = \left( \frac{2 \cdot 138,61}{175,3} - 1 \right)^2 = 0,34$$

$$\begin{aligned} M_{V,Rd} &= \left( W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4t_w} \right) \cdot f_{yd} \\ &= \left( 98000 - \frac{0,34 \cdot 1292^2}{4 \cdot 2 \cdot 6,0} \right) \cdot 235 = 20,25 \text{ kNm} \\ &> 13,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

**Příčník vyhovuje**

**\*Návrh smykové zárazky – str.106, 107**



## 6 POSOUZENÍ PŘÍPOJŮ

### 6.1 Připojení diagonál k pásu příh. kce

- Připoje vnitřních prutů k pásům jsou svařované, bez styčnickových plechů, provedené koutovými sváry
- posouzení přípoje nejvíce namáhaných diagonál

$$D_1 = 369,24 \text{ kN} \quad \text{TR } 160 \times 8$$

$$D_2 = 18,74 \text{ kN} \quad \text{TR } 82,5 \times 7$$

$$D_3 = 325,35 \text{ kN} \quad \text{TR } 114 \times 8$$

- délka sváru – svár má v půdorysném pohledu tvar elipsy, s délkou úsečky  $c$  a průměr trubky  $d$

$$\begin{aligned} l_1 &\cong \pi \left[ \frac{3}{4} \cdot (c + d) - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{c \cdot d} \right] \\ &= \pi \left[ \frac{3}{4} \cdot (232,5 + 160) - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{232,5 \cdot 160} \right] \\ &= 583,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_2 \cong 2\pi \cdot r = 2\pi \cdot 41,5 = 260,62 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_3 &\cong \pi \left[ \frac{3}{4} \cdot (c + d) - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{c \cdot d} \right] \\ &= \pi \left[ \frac{3}{4} \cdot (165,6 + 114) - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{165,6 \cdot 114} \right] \\ &= 464,01 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$c_1 = \frac{d}{\sin \alpha} = \frac{160}{\sin 43,5} = 232,4 \text{ mm}$$

$$c_3 = \frac{d}{\sin \alpha} = \frac{114}{\sin 43,5} = 165,6 \text{ mm}$$

**Návrhová smyková pevnost sváru:**

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 261,7 \text{ MPa}$$

**Únosnost sváru:**

- pro D1:

$$\begin{aligned} F_{w1,Rd} &= a \cdot L_{we} \cdot f_{vw,d} = 3 \cdot 583,6 \cdot 261,7 \cdot 10^{-3} = 458,18 \text{ kN} \\ &> N_{Ed} = 369,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

**VYHOVUJE**

- pro D2:

$$F_{w2,Rd} = a \cdot L_{we} \cdot f_{vw,d} = 3 \cdot 260,62 \cdot 261,7 \cdot 10^{-3} \\ = 204,61 \text{ kN} > N_{Ed} = 18,74 \text{ kN}$$

**VYHOVUJE**

- pro D3:

$$F_{w3,Rd} = a \cdot L_{we} \cdot f_{vw,d} = 3 \cdot 464,01 \cdot 261,7 \cdot 10^{-3} \\ = 364,29 \text{ kN} > N_{Ed} = 325,35 \text{ kN}$$

**VYHOVUJE**

- zvolený koutový svár vyhovuje požadavku, že a zvoleného sváru je menší než tloušťka stěny připojované trubky

**ZVOLENÉ PŘIPOJENÍ DIAGONÁL VYHOVUJE**

## 6.2 Připojení podélného ztužení k nosnému sloupu

- Připoje vnitřních prutů k pásům jsou svařované, bez styčnickových plechů, provedené koutovými sváry

$$D = 39,72 \text{ kN}$$

$$\text{TR } 82,5 \times 7$$

- délka sváru – svár má v půdorysném pohledu tvar elipsy, s délkou úsečky **c** a průměr trubky **d**

$$l_1 \cong \pi \left[ \frac{3}{4} \cdot (c + d) - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{c \cdot d} \right] \\ = \pi \left[ \frac{3}{4} \cdot (90 + 82,5) - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{90 \cdot 82,5} \right] \\ = 271 \text{ mm}$$

$$c_1 = \frac{d}{\sin \alpha} = \frac{83}{\sin 67} = 90 \text{ mm}$$

**Návrhová smyková pevnost sváru:**

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 261,7 \text{ MPa}$$



Únosnost sváru:  $a=3\text{mm}$ 

- pro D:

$$F_{w,Rd} = a \cdot L_{we} \cdot f_{vw,d} = 3 \cdot 271 \cdot 261,7 \cdot 10^{-3} = 212,76 \text{ kN}$$

$$> N_{Ed} = 39,72 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

**ZVOLENÉ PŘIPOJENÍ ZTUŽIDLA VYHOVUJE****6.3 Připojení stropnice ztužidlové vazby****Připojení stropnice**

- Připoj stropnice, která je součástí ztužidlové vazby, je namáhán přídatnou svislou silou z připojených diagonál

Přídavná smyková síla ze spodní diagonály:

$$F_{1,Ed} = 61,97 \cdot \sin 51,34 = 48,39 \text{ kN}$$

Reakce v delší stropnici:

$$R_{1,Ed} = 14,34 \text{ kN}$$

Reakce v kratší stropnici:

$$R_{2,Ed} = 36,83 \text{ kN}$$

**Návrh šroubu: M16 8.8**

Únosnost šroubu na stříh:

$$F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$$

- Jedna střížná plocha, závit po celé délce šroubu

Únosnost šroubu na otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,49 \cdot 510 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 80,0 \text{ kN}$$

**Potřebný počet šroubu**

- Stříh –

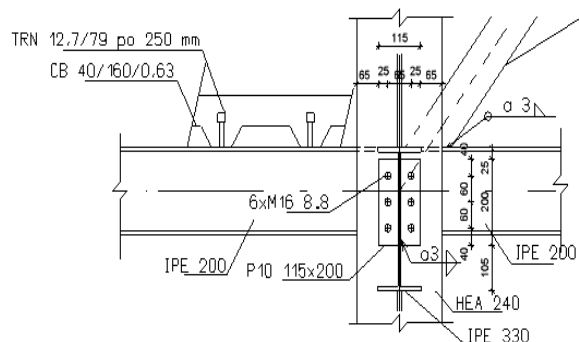
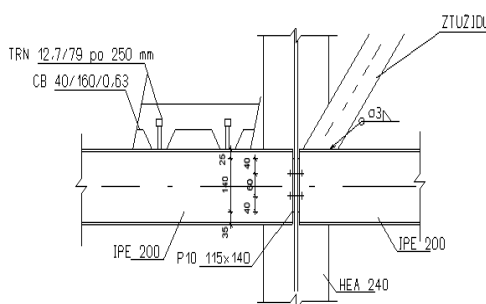
$$\frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{48,39 + 36,83}{60,3} = 1,4 \text{ šroubu}$$

- Otláčení –

$$\frac{R_{Ed}}{0,8 \cdot F_{b,Rd}} = \frac{48,39 + 14,34 + 36,83}{0,8 \cdot 80} = 1,55 \text{ šroubu}$$

**4 šrouby M16 8.8**

VYHOVUJE



### Připojení ztužidla pomocí koutového sváru

- Připoje vnitřních prutů k pásům jsou svařované, bez styčnickových plechů, provedené koutovými sváry

$$D = 39,72 \text{ kN}$$

TR (100;8)

- délka sváru – svár má v půdorysném pohledu tvar elipsy, s délkou úsečky  $c$  a průměr trubky  $d$

$$\begin{aligned} l_1 &\cong \pi \left[ \frac{3}{4} \cdot (c + d) - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{c \cdot d} \right] \\ &= \pi \left[ \frac{3}{4} \cdot (160 + 100) - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{160 \cdot 100} \right] \\ &= 413,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$c = \frac{d}{\sin \alpha} = \frac{100}{\sin 38,66} = 160 \text{ mm}$$

Návrhová smyková pevnost sváru:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 261,7 \text{ MPa}$$

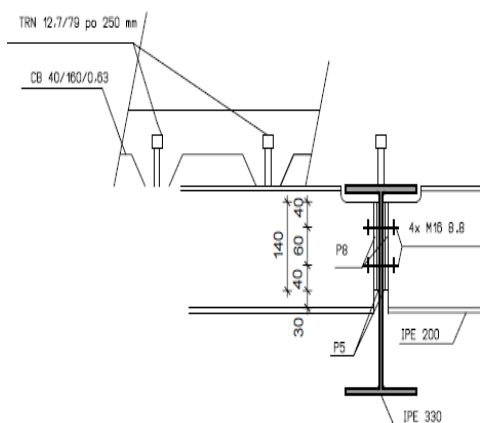
Únosnost sváru:  $a=3\text{mm}$

- pro D:

$$\begin{aligned} F_{w,Rd} &= a \cdot L_{we} \cdot f_{vw,d} = 3 \cdot 413,7 \cdot 261,7 \cdot 10^{-3} = 324,8 \text{ kN} \\ &> N_{Ed} = 61,67 \text{ kN} \end{aligned}$$

**VYHOVUJE**

**ZVOLENÉ PŘIPOJENÍ ZTUŽIDLA VYHOVUJE**



### 6.4 Připojení stropnice a průvlaku - zázemí

Reakce v delší stropnici:

$$R_{1,Ed} = 90,16 \text{ kN}$$

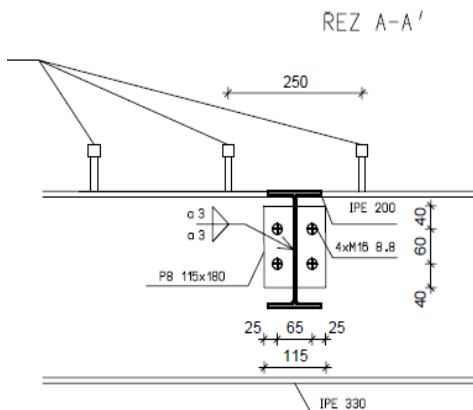
Reakce v kratší stropnici:

$$R_{2,Ed} = 80,76 \text{ kN}$$

Návrh šroubu: **M16 8.8**

Únosnost šroubu na střih:

$$F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$$



- Jedna střížná plocha, závit po celé délce šroubu  
Únosnost šroubu na otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,49 \cdot 510 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 80,0 \text{ kN}$$

#### Potřebný počet šroubu

- Střih –

$$\frac{R_{1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{90,16}{60,3} = 1,5 \text{ šroubu}$$

- Otláčení –

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{90,16 + 80,76}{0,8 \cdot 80} = 2,67 \text{ šroubu}$$

**4 šrouby M16 8.8**

**VYHOVUJE**

**Návrh svaru: koutový svar 2 x a = 3 mm, délka Lwe = 140 mm**

Návrhová pevnost:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 261,73 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost:

$$F_{w,Rd} = 2 a L_{we} f_{vw,d} = 2 \cdot 3 \cdot 140 \cdot 261,7 = 219,8 \text{ kN} > R_{1,Ed} = 90,16 \text{ kN}$$

...Navržený přípoj vyhoví

#### 6.5 Připojení průvlaku na sloup- zázemí

Reakce od průvlaku 1:

$$R_{1,Ed} = 172,58 \text{ kN}$$

Reakce od průvlaku 2:

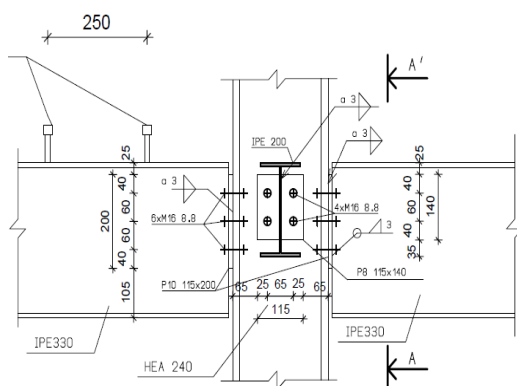
$$R_{2,Ed} = 151,36 \text{ kN}$$

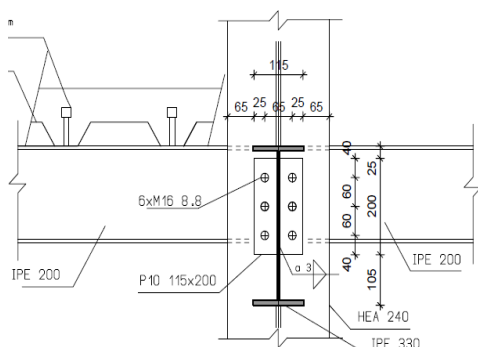
**Návrh šroubu: M16 8.8**

Únosnost šroubu na střih:

$$F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$$

- Jedna střížná plocha, závit po celé délce šroubu  
Únosnost šroubu na otláčení:





$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,49 \cdot 510 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 80,0 \text{ kN}$$

**Potřebný počet šroubu**

- Střih –

$$\frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{172,58}{60,3} = 2,862 \text{ šroubu}$$

- Otláčení –

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{172,58 + 151,36}{0,8 \cdot 80} = 5,06 \text{ šroubu}$$

**6 šrouby M16 8.8****VYHOVUJE****Návrh svaru: koutový svar 2 x a = 4 mm, délka Lwe = 140 mm**

Návrhová pevnost:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 261,73 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost:

$$F_{w,Rd} = 2 a L_{we} f_{vw,d} = 2 \cdot 4 \cdot 200 \cdot 261,7 = 418,72,0 \text{ kN} > R_{1,Ed} = 323,94 \text{ kN}$$

...Navržený přípoj vyhoví

**6.6 Připojení vaznice k vazníku**

Reakce ve vaznici nutnou přenést šrouby:

$$R_{1,Ed} = 240,68 \text{ kN}$$

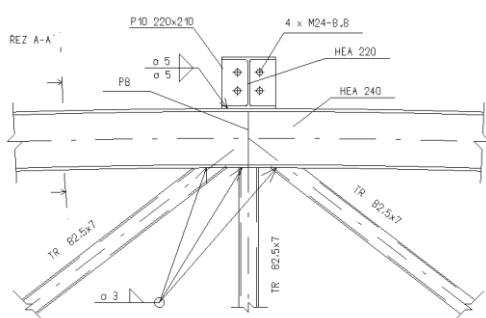
**Návrh šroubu: M24 8.8** (doporučeno pro daný profil HEA)**Únosnost šroubu na střih:** (viz hodnoty v tabulkách pro daný šroub a situaci)

$$F_{v,Rd} = 135,6 \text{ kN}$$

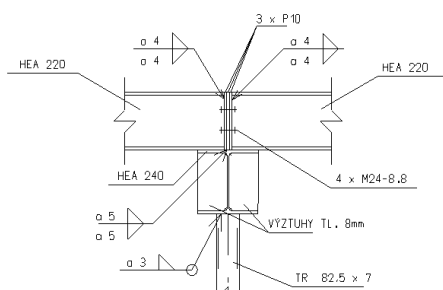
- Jedna střižná plocha, závit po celé délce šroubu

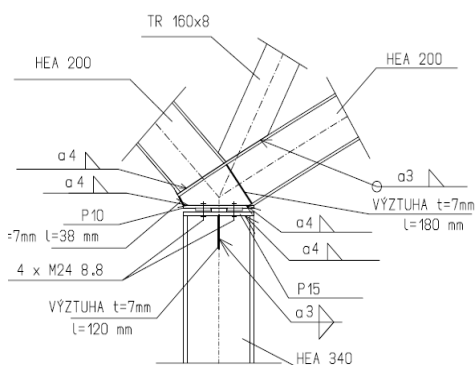
**Únosnost šroubu na otláčení:** viz hodnoty v tabulkách pro daný šroub a situaci)

$$F_{b,Rd} = 102,2 \text{ kN}$$



REZ A-A'





#### Potřebný počet šroubu

- Střih –

$$\frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{240,68}{135,6} = 1,77 \text{ šroubu}$$

- Otláčení –

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{240,68}{102,2} = 2,35 \text{ šroubu}$$

**4 šrouby M24 8.8**  
**VYHOVUJE**

### 6.7 Připojení vazníku k nosnému sloupu

Reakce ve vaznici nutnou přenést šrouby:

$$R_{1,Ed} = 240,68 \text{ kN}$$

**Návrh šroubu: M24 8.8** (doporučeno pro dany profil HEA)

**Únosnost šroubu na střih:** (viz hodnoty v tabulkách pro daný šroub a situaci)

$$F_{v,Rd} = 135,6 \text{ kN}$$

- Jedna střižná plocha, závit po celé délce šroubu

**Únosnost šroubu na otláčení:** viz hodnoty v tabulkách pro daný šroub a situaci)

$$F_{b,Rd} = 102,2 \text{ kN}$$

#### Potřebný počet šroubu

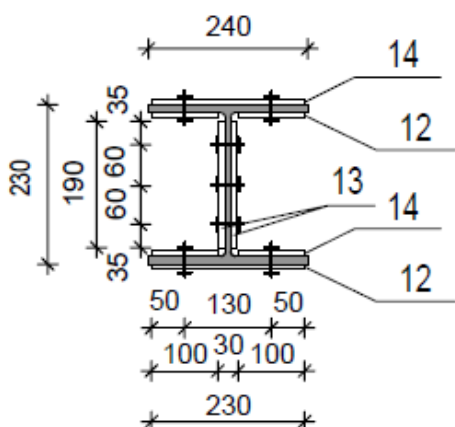
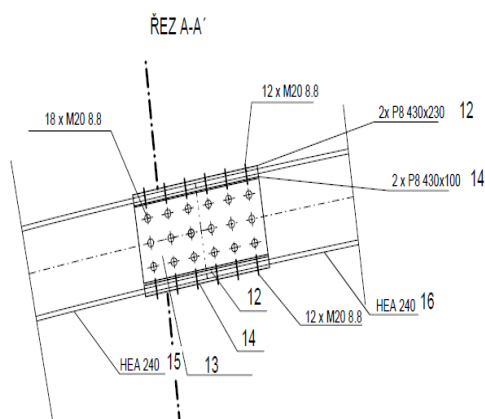
- Střih –

$$\frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{240,68}{135,6} = 1,77 \text{ šroubu}$$

- Otláčení –

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{240,68}{102,2} = 2,35 \text{ šroubu}$$

**4 šrouby M24 8.8**  
**VYHOVUJE**



## 6.8 Montážní přípoj vazníku

Vnitřní síly v místě montážního přípoje:

$$N_{Ed} = -771,41 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 3,41 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 32,58 \text{ kN}$$

### Návrh šroubu: M20 8.8

- Uvažujeme pružné rozdělení sil na spojovací prostředky

#### Rozdělení vnitřních sil v průřezu:

- Moment setrvačnosti průřezu tvořeného jen pásnicemi

$$I_f = \left( \frac{1}{12} \cdot 240 \cdot 12^3 + 240 \cdot 12 \cdot 121^2 \right) \cdot 2 = 4,22 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

- Příložka přenesla poměrnou část ohybového momentu

$$M_{f,Ed} = M_{Ed} \cdot \frac{I_f}{I_y} = 3,41 \cdot \frac{4,22 \cdot 10^7}{7,763 \cdot 10^7} = 1,854 \text{ kNm}$$

- V pásnicích je síla

$$N_{f,Ed} = \frac{M_{f,Ed}}{h'} = \frac{1,854 \cdot 10^6}{218} = 8,505 \text{ kN}$$

- Příložky na stejně nosníku přenášejí zbylou část ohybového momentu

$$M_{w,Ed} = M_{Ed} - M_{f,Ed} = 3,41 - 1,854 = 1,286 \text{ kNm}$$

#### Příložky na pásnicích

- Únosnost tažené příložky se stanoví z plné plochy

$$A = 2 \cdot 100 \cdot 8 + 240 \cdot 12 = 4480 \text{ mm}$$

$$N_{t,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{4480 \cdot 235}{1,00} = 1050,28 \text{ kN} > N_{f,Ed} = 8,505 \text{ kN}$$

**Příložka tažené pásnice vyhoví**

- Tažená příložka je oslabena otvory průměru 20 mm

$$A = 2 \cdot 100 \cdot 8 + 240 \cdot 12 - 6 \cdot 20 \cdot 8 = 3520 \text{ mm}$$

$$N_{t,u,Rd} = 0,9 \cdot A_{net} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{0,9 \cdot 3520 \cdot 235}{1,00} = 784,48 \text{ kN}$$
$$> N_{f,Ed} = 8,505 \text{ kN}$$

***Příložka tažené pásnice v oslabení otvory vyhoví***

- Příložka na tažené straně je stejná jako na tažené straně
- Příložka vyhovuje při působení  $N_{ed} = 771,41 \text{ kN}$

**Šrouby na pásnici**

**Únosnost šroubu na otláčení:** viz hodnoty v tabulkách pro daný šroub a situaci)

$$F_{b,Rd} = 72,9 \text{ kN}$$

**Únosnost šroubu na stříh:** (viz hodnoty v tabulkách pro daný šroub a situaci)

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot 94,1 = 188,2 \text{ kN}$$

- dvě střížné plochy pro šroub M 20 8.8

Návrhová únosnost styku pásnice ve výpočte z

$$12 \cdot \min(F_{b,Rd}; F_{v,Rd}) = 12 \cdot \min(72,9; 188,2) = 874,8 \text{ kN} > N = 779,91 \text{ kN}$$

***Šrouby na pásnici vyhoví***

**Příložky na stejně ve smyku**

- celková plocha

$$A_v = 10 \cdot 430 \cdot 2 = 8600 \text{ mm}^2$$

- oslabená plocha průřezu

$$A_{v,z} = 10 \cdot (430 - 6 \cdot 20) \cdot 2 = 6200 \text{ mm}^2$$

- posouzení smykové únosnosti oslabených příložek
- 

$$V_{w,pl,Rd} = A_{v,net} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{MO} \cdot \sqrt{3}} = \frac{6200 \cdot 235}{1,00 \cdot \sqrt{3}} = 841,2 \text{ kN} > V_{Ed}$$
$$= 32,58 \text{ kN}$$

***Příložka na stejně vyhoví***

- únosnost v ohybu není třeba redukovat vlivem smyku, protože

$$V_{Ed} = 32,58 < \frac{V_{w,pl,Rd}}{2} = \frac{841,2}{2} = 420,6 \text{ kN}$$

#### Příložky na stojně v ohybu

$$0,9 \cdot \frac{A_{v,net}}{A_v} = \frac{0,9 \cdot 6200}{8600} = 0,649 < \frac{f_y \gamma_{M2}}{f_u \gamma_{M0}} = \frac{235}{360} \frac{1,25}{1,0} = 0,82$$

- moment setrvačnosti příložek oslabených otvory šroubů

$$I_{w,net} = 2 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 190^3 - \frac{3}{12} \cdot 10 \cdot 20^3 - 2 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 60^2 \right) \\ = 8,51 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- ohybová únosnost příložek

$$M_{el,Rd} = \frac{I_{w,net} \cdot f_y}{\frac{h_p}{2} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{8,51 \cdot 10^6 \cdot 235}{95 \cdot 1,00} = 21,05 \text{ kNm} > M_{w,Ed} \\ = 1,286 \text{ kNm}$$

**Vyhovuje**

#### Šrouby na stojně

- z předpokladu pružného rozdělení sil na šrouby se určí namáhání jednotlivých šroubů
- velikost sil se stanoví z momentové podmínky rovnováhy pro tři řady šroubů

$$M_{w,Ed} = 3 \cdot 2 \cdot (F_1 \cdot r_1)$$

- síla ve šroubech je úměrná vzdálenosti od osy

$$\frac{F_1}{r_1}$$

$$1,286 = 3 \cdot 2 \cdot (F_1 \cdot 60)$$

$F_1 = 3,6 \text{ kN}$  – síla v nejvíce namáhaném šroubu



- posouvací síla se rozdělí na všechny šrouby rovnoměrně

$$F_{v,i} = \frac{V_{Ed}}{3 \cdot 6} = \frac{32,58}{18} = 1,81 \text{ kN}$$

- nejvíce namáhaný je krajní šroub, v němž je výslednice sil

$$F_{w,Ed} = \sqrt{F_1^2 + F_v^2} = \sqrt{1,81^2 + 3,6^2} = 4,03 \text{ kN}$$

**Únosnost šroubu na otlačení:** viz hodnoty v tabulkách pro daný šroub a situaci) pro  $t_f = 10 \text{ mm}$

$$F_{b,Rd} = 72,9 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 72,9 \text{ kN} > 4,03 \text{ kN}$$

**Šroub ve stěně vyhovuje**

#### Oslabený průřez ve smyku

- oslabena smyková plocha stojiny

$$A_{v,net} = 8600 - 3 \cdot 20 \cdot 12 = 7880 \text{ mm}^2$$

- posouzení smykové únosnosti

$$V_{f,pl,Rd} = A_{v,net} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{MO} \cdot \sqrt{3}} = \frac{7880 \cdot 235}{1,00 \cdot \sqrt{3}} = 1069,137 \text{ kN} > V_{Ed}$$
$$= 32,58 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

- únosnost v ohybu není třeba redukovat vlivem smyku, protože

$$V_{Ed} = 32,58 < \frac{V_{f,pl,Rd}}{2} = \frac{1069,137}{2} = 534,6 \text{ kN}$$

- příložka na stojně vyhoví na ohyb i v případě uvažování oslabeného profilu

### \*Návrh smykové zarážky

- nejnižší tlaková síla ve spáře mezi betonem a ocelí  
 $N_c = 106,21$
- ověření, zda se posouvající síla přenesse třením mezi patním plechem a betonem (součinitel tření 0,2)

$$106,21 \cdot 0,2 = 21,242 \text{ kN} < R_{y,Ed} = 55,64 \text{ kN} = V_{Ed}$$

### Posouzení: HEB 200

- nezbytná délka smykové zarážky:

$$h > \frac{F_{v,Ed}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{34398}{200 \cdot \frac{16}{1,5}} = 13,44 \text{ mm}$$

→ 20 mm

$$F_{v,Ed} = V_{Ed} - 0,2 \cdot 106,21 = 34,398 \text{ kN}$$

### **Svarový přípoj zarážky k patnímu plechu:**

$$I_w = 27,65 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- posouzení v bodě 1 :

$$\tau_{II} = \frac{F_{v,Ed}}{2a \cdot l} = \frac{34\,398}{2 \cdot 4 \cdot 134} = 32,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{F_{v,Ed} \cdot e}{\frac{I_w}{z_1}} = \frac{34\,398 \cdot 60}{\frac{\sqrt{2} \cdot 27,65 \cdot 10^6}{134/2}} = 3,6 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{II}^2} = 56,06 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_{wym2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 324 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 3,6 \text{ MPa} \leq \frac{0,9f_u}{\beta_{wym2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25} = 324 \text{ MPa}$$

- posouzení v bodě 2 :

$$\tau_{II} = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{F_{v,Ed} \cdot e}{\frac{I_w}{z_2}} = \frac{34\,398 \cdot 60}{\frac{\sqrt{2} \cdot 27,65 \cdot 10^6}{208/2}} = 5,5 \text{ MPa}$$

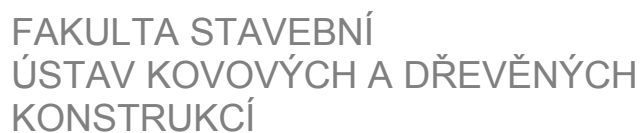
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{II}^2} = 11,0 \text{ MPa} \leq \frac{0,9f_u}{\beta_w \gamma_m} = \frac{0,9 \cdot 360}{0,8 \cdot 1,25} \\ = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 5,5 \text{ MPa} \leq \frac{0,9f_u}{\beta_w \gamma_m} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25} = 324 \text{ MPa}$$

**...Svár zarážky vyhoví**







FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

x ô ò òš u x 7 à ú ü v u x ђ á ϱ œ š œ

## VÝKAZ SPOTŘEBY MATERIÁLU

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

~~AAAAAAAA~~ OEUQ AXÜ7VP

## VEDOUCÍ PRÁCE SUPERVISOR

ING. MILAN PILGR, PH.D.

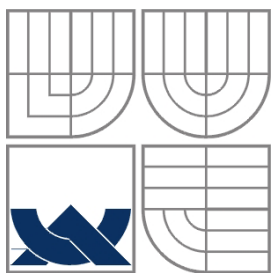
BRNO 2011

Výkaz materiálu

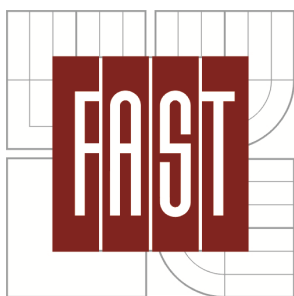
Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m²]	Objem [m³]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Celkový součet :	154873,7	3797,756	1,9729e+01

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m²]	Objemová hmotnost [kg/m³]	Objem [m³]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>							

sloup zázemí - HEA240	S 235	60,3	147,200	8874,4	201,664	7850,0	1,1305e+00
průvlak zázemí - IPE330	S 355	49,1	182,000	8943,7	228,220	7850,0	1,1393e+00
stropnice zázemí 1.NP - IPE200	S 355	22,4	499,000	11163,9	383,284	7850,0	1,4222e+00
sloup hala - HEA340	S 235	105,2	153,600	16157,2	276,480	7850,0	2,0582e+00
vaznice hala - HEA220	S 235	50,5	538,995	27206,0	679,134	7850,0	3,4657e+00
ztuzidlo stena TR - Trubka (83; 7)	S 235	13,0	184,717	2407,0	47,873	7850,0	3,0663e-01
dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	42,2	266,260	11245,0	303,537	7850,0	1,4325e+00
horní pás příhradovina - HEA240	S 235	60,3	258,652	15593,6	354,353	7850,0	1,9864e+00
ztuzidlo střecha - Trubka (140; 10)	S 235	32,1	190,436	6104,1	83,754	7850,0	7,7760e-01
vzpěra vazník - Trubka (83; 7)	S 235	13,1	82,723	1085,1	21,569	7850,0	1,3823e-01
příhrada diagonály TR 2 - Trubka (83; 7)	S 235	13,0	120,206	1566,4	31,153	7850,0	1,9954e-01
ztužení čelní stěny h. TR - Trubka (150; 12)	S 235	40,8	57,091	2331,1	26,902	7850,0	2,9695e-01
ztužení zázemí TR2 - Trubka (100; 8)	S 235	18,1	40,979	743,7	12,873	7850,0	9,4734e-02
příhrada kolme prvky TR - Trubka (83; 7)	S 235	13,0	274,395	3575,6	71,114	7850,0	4,5549e-01
příhrada diagonály TR 1 - Trubka (160; 8)	S 235	30,0	51,864	1555,0	26,068	7850,0	1,9809e-01
příhrada diagonály TR 3 - Trubka (114; 8)	S 235	20,9	119,905	2507,0	42,941	7850,0	3,1937e-01
pazdik IPE - IPE240	S 235	30,7	510,996	15684,3	471,000	7850,0	1,9980e+00
stropnice zázemí 2.NP - IPE220	S 355	26,2	492,001	12899,8	416,973	7850,0	1,6433e+00
sloup štitová stěna - HEA240	S 235	60,3	86,763	5230,8	118,865	7850,0	6,6634e-01



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH  
KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## VÍCEÚČELOVÁ SPORTOVNÍ HALA

STATICKÝ VÝPOČET - SCIA

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTIN VRÁTNÝ

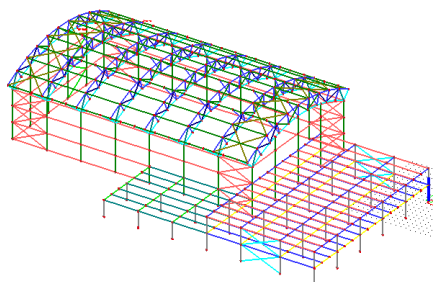
VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. MILAN PILGR, PH.D.

BRNO 2015



<b>1</b>	<b>Geometrický výpočtový model .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Zatížení konstrukce .....</b>	<b>2</b>
2.1	Stálé zatížení:.....	2
2.2	Užitné zatížení střechy:.....	4
2.3	Zatížení sněhem:.....	4
2.4	Zatažení větrem: - HALA .....	4
2.5	Zatažení větrem: - ZÁZEMÍ.....	7
<b>3</b>	<b>Skupiny zatížení, zatěžovací stavy a kombinace .....</b>	<b>10</b>
3.1	Skupiny zatížení (LG – load groups):.....	10
3.2	Zatěžovací stavy (LC – load cases): .....	10
3.3	Kombinace – pro MSÚ .....	11
3.4	Kombinace – pro MSP .....	12
<b>4</b>	<b>Posouzení jednotlivých prvků konstrukce .....</b>	<b>15</b>
4.1	Vaznice – HEA 220 .....	15
4.2	Dolní pás obloukové příhradové konstrukce – HEA200 .....	19
4.3	Horní pás obloukového příhradového vazník – HEA 240 .....	22
4.4	Tlačené diagonály příhradového vazníků – TR .....	26
4.5	Tažená diagonála obloukového příhradového vazníku .....	33
4.6	Nosný sloup – HEA 340.....	35
4.7	Sloup zázemí – HEA 240 .....	39
4.8	Sloupy štítové stěny – HEA 240 .....	43
4.9	Nosník obvodového pláště – IPE 240 .....	47
4.10	Stěnové ztužidlo –TR 82,5x7,0.....	51
<b>5</b>	<b>Posouzení jednotlivých prvků konstrukce .....</b>	<b>54</b>



## 1 Geometrický výpočtový model

### Geometrický výpočtový model

Jedná se o ocelovou halu obdélníkového tvaru s obloukovou střechou s rozměry 49,0 m x 28,0 m a se zázemím ve tvaru písmene L

Nosnou konstrukci tvoří 7 příhradových obloukových vazníků v osové vzdálenosti 7,0 m a podepřeny dvěma ocelovými sloupy HEA o výšce 9,6m. Uložení sloupů do základové konstrukce uvažujeme jako pevné vetknutí. Větrové ztužidla TR tvaru „X“ jsou navržena mezi 1. – 2. a 6. – 7. vazníkem v stěnové i střešní rovině. Konstrukci po obvodě ztužují nosníky obvodového pláště UPE ve svislé vzdálenosti 3,2 m od sebe.

## 2 Zatížení konstrukce

### 2.1 Stálé zatížení:

#### Stále zatížení od střešních panelů a obvodového pláště:

##### Hala

Střešní panel Kingspan KS 1000 RW,  $s = 160 \text{ mm}$

Prosvětlovací střešní panely Kingspan KS 1000 PC,  $s = 160 \text{ mm}$

$$m = 15,0 \text{ kg/m}^2 = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

Obvodový panel Kingspan KS 1000 RW,  $s = 160 \text{ mm}$

$$m = 12,0 \text{ kg/m}^2 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

##### Zázemí

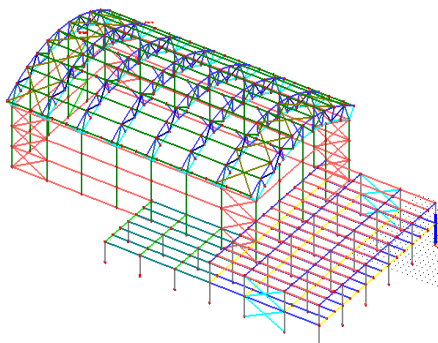
Střešní panel Kingspan KS 1000 RW,  $s = 160 \text{ mm}$

Prosvětlovací střešní panely Kingspan KS 1000 PC,  $s = 160 \text{ mm}$

$$m = 15,0 \text{ kg/m}^2 = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

Obvodový panel Kingspan Optimo fasádní systém,  $s = 160 \text{ mm}$

$$m = 12,0 \text{ kg/m}^2 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$



### Stálé zatížení jednotlivých konstrukčních prvků:

#### HALA

Vaznice – HEA 220

$$A \cdot \rho_o = 50,5 \text{ kg/m} \cong 0,505 \text{ kN/m}$$

Horní pás příhradoviny – HEA 240

$$A \cdot \rho_o = 60,3 \text{ kg/m} \cong 0,603 \text{ kN/m}$$

Dolní pás příhradoviny – HEA 200

$$A \cdot \rho_o = 42,2 \text{ kg/m} \cong 0,422 \text{ kN/m}$$

Diagonály příhradoviny – TR 1 (160;8)

$$A \cdot \rho_o = 36,7 \text{ kg/m} \cong 0,367 \text{ kN/m}$$

Diagonály příhradoviny – TR 2 (82,5;7)

$$A \cdot \rho_o = 13,0 \text{ kg/m} \cong 0,13 \text{ kN/m}$$

Diagonály příhradoviny – TR 3 (114;8)

$$A \cdot \rho_o = 42,2 \text{ kg/m} \cong 0,422 \text{ kN/m}$$

Nosné sloupy – HEA 340

$$A \cdot \rho_o = 104,8 \text{ kg/m} \cong 1,048 \text{ kN/m}$$

Pomocné sloupy – HEA 340

$$A \cdot \rho_o = 104,8 \text{ kg/m} \cong 1,048 \text{ kN/m}$$

Střešní ztužidlo – TR (150;10)

$$A \cdot \rho_o = 34,5 \text{ kg/m} \cong 0,345 \text{ kN/m}$$

Stěnové ztužidlo – TR (82,5;7)

$$A \cdot \rho_o = 13,0 \text{ kg/m} \cong 0,13 \text{ kN/m}$$

Nosníky obvodového pláště – IPE 240

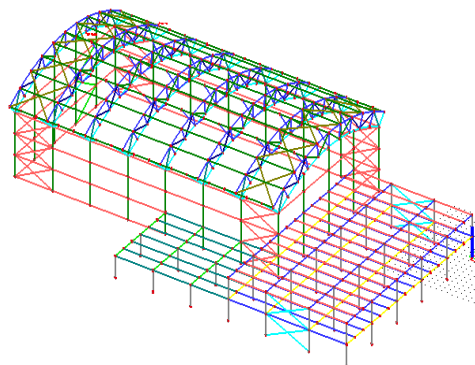
$$A \cdot \rho_o = 30,7 \text{ kg/m} \cong 0,307 \text{ kN/m}$$

#### ZÁZEMÍ

stěnové ztužidlo – TR (82,5;7)

$$A \cdot \rho_o = 13,0 \text{ kg/m} \cong 0,13 \text{ kN/m}$$

Sloup zázemí – HEA 200



$$A \cdot \rho_o = 42,3 \text{ kg/m} \cong 0,423 \text{ kN/m}$$

Stropnice zázemí – IPE 200

$$A \cdot \rho_o = 22,4 \text{ kg/m} \cong 0,224 \text{ kN/m}$$

Průvlak zázemí – IPE 330

$$A \cdot \rho_o = 49,1 \text{ kg/m} \cong 0,491 \text{ kN/m}$$

## 2.2 Užitné zatížení střechy:

Kategorie H – střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav

$$q_k = 1,5000 \text{ kN/m}^2$$

Kategorie C

$$q_k = 3,0000 \text{ kN/m}^2$$

## 2.3 Zatížení sněhem:

- Návěje - viz Statický výpočet - ruční str. 6 kap. 3.3

III. sněhová oblast

$$\text{Uvažujeme } s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

## 2.4 Zatížení větrem: - HALA

II. větrová oblast, III. kategorie terénu, **z = 15, 17 m**

$$v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$$

**Základná rychlost větru**

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 26 = 26 \text{ m/s}$$

**Součinitel terénu**

$$k_r = k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

**Součinitel drsnosti**

$$c_r(11,8) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{15,17}{0,3}\right) = 0,745$$

**Střední rychlost větru**

$$v_m(11,8) = c_r(11,8) \cdot c_o(11,8) \cdot v_b = 0,745 \cdot 1,0 \cdot 26 \cong 19,38 \text{ m/s}$$

**Intenzita turbulenci**

$$I_V(11,8) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z_1/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(15,17/0,3)} \cong 0,255$$

**Tlak větru**

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_V(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,255] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 19,38^2 \cong 680 \text{ N/m}^2$$

$$q_p(z) = 0,68 \text{ kN/m}^2$$

**Tlak větru na vnější povrchy**

$$W_e = q_p(z) \cdot c_{pe} = 0,68 \cdot c_{pe} \text{ kN/m}^2$$

**Tlak větru v jednotlivých oblastech konstrukce**

**Vítr podélný směr A**

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{28; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_1 = 23,6 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{14; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_1 = 12,8 \text{ m}$$

**Svislé povrchy**

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,68 = -0,816 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,68 = -0,544 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,750 \cdot 0,68 = +0,510 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_D = -0,400 \cdot 0,68 = -0,272 \text{ kN/m}^2$$

**Střecha**

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,68 = -1,156 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,68 = -0,884 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,5000 \rightarrow q_I = -0,5000 \cdot 0,68 = -0,34 \text{ kN/m}^2$$

**Vítr podélný směr B**

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{35; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_1 = 12,8 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{28; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_1 = 23,6 \text{ m}$$

**Svislé povrchy**

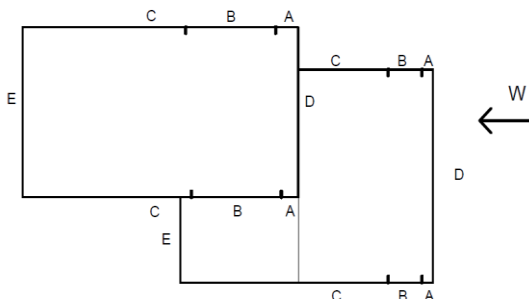
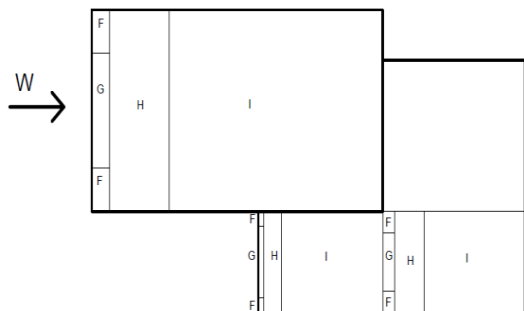
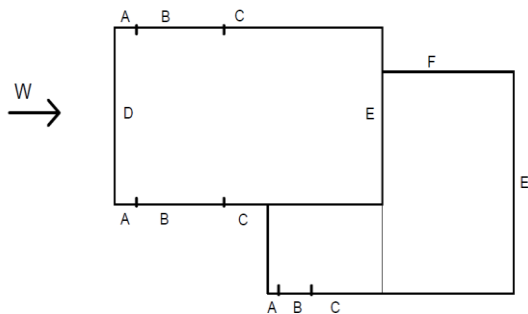
$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,68 = -0,816 \text{ kN/m}^2$$

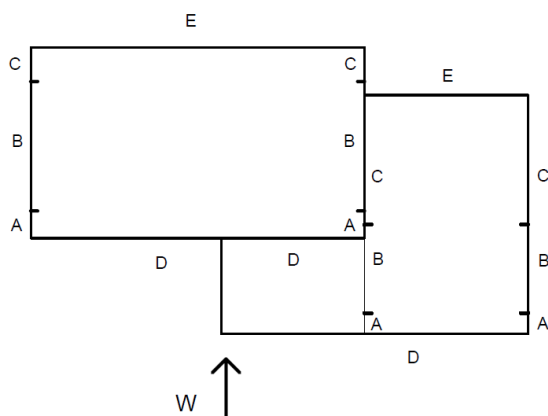
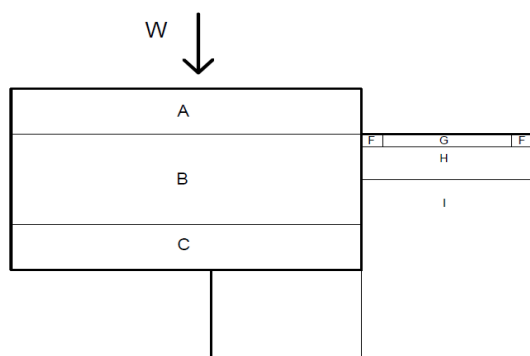
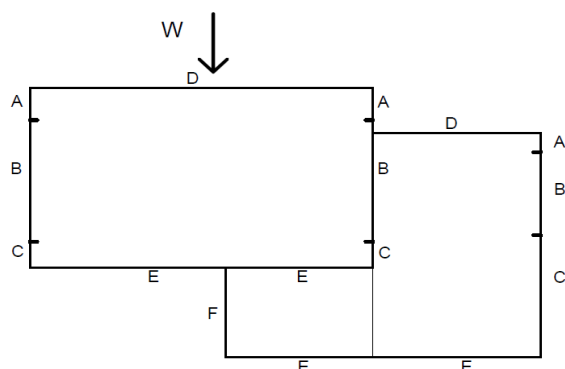
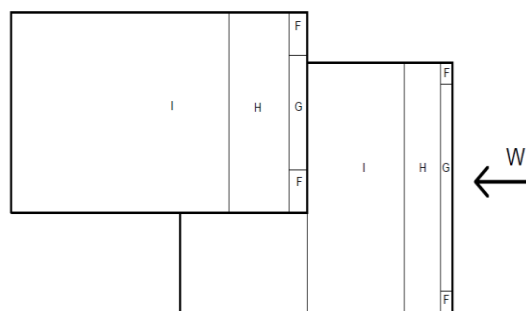
$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,68 = -0,544 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,750 \cdot 0,68 = +0,510 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,400 \cdot 0,68 = -0,272 \text{ kN/m}^2$$

$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,68 = -0,068 \text{ kN/m}^2$$





### Střecha

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,68 = -1,156 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,68 = -0,884 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,5000 \rightarrow q_I = -0,5000 \cdot 0,68 = -0,34 \text{ kN/m}^2$$

### Vítr příčný směr A

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{49; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_1 = 23,6 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{22; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_2 = 12,8 \text{ m}$$

### Svislé povrchy

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,68 = -0,816 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,68 = -0,70 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,68 = -0,544 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,75 \cdot 0,68 = +0,51 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,4 \cdot 0,68 = -0,272 \text{ kN/m}^2$$

$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,68 = -0,068 \text{ kN/m}^2$$

### Střecha

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,68 = -1,156 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,68 = -0,884 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,6000 \rightarrow q_I = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

### Vítr příčný směr B

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{43; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_1 = 12,8 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{49; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_2 = 23,6 \text{ m}$$

### Svislé povrchy

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,68 = -0,816 \text{ kN/m}^2$$

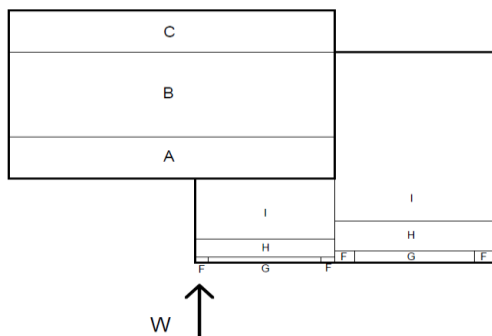
$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,68 = -0,70 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,68 = -0,544 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,75 \cdot 0,68 = +0,51 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,4 \cdot 0,68 = -0,272 \text{ kN/m}^2$$

$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,68 = -0,068 \text{ kN/m}^2$$



### Střecha

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,68 = -1,156 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,68 = -0,884 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,6000 \rightarrow q_I = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2$$

## 2.5 Zatažení větrem: - ZÁZEMÍ

II. větrová oblast, II. kategorie terénu,  $z = 6,4 \text{ m}$

$$v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$$

### Základná rychlost větru

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 26 = 26 \text{ m/s}$$

### Součinitel terénu

$$k_r = k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

### Součinitel drsnosti

$$c_r(6,4) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{6,4}{0,3}\right) = 0,581$$

### Střední rychlost větru

$$v_m(6,4) = c_r(6,4) \cdot c_o(6,4) \cdot v_b = 0,581 \cdot 1,0 \cdot 25 \cong 15,106 \text{ m/s}$$

### Intenzita turbulenci

$$I_V(6,4) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z_1/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(6,4/0,3)} \cong 0,327$$

### Maximální dynamický tlak větru

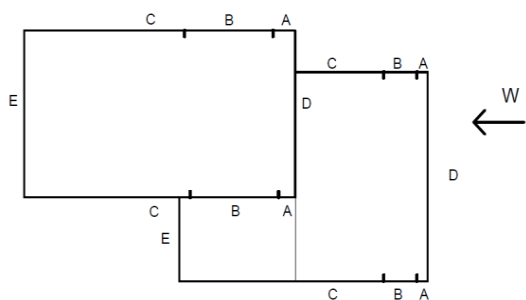
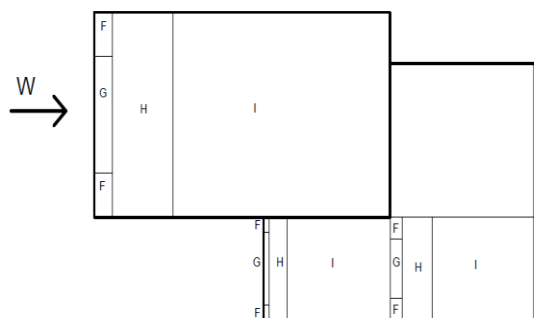
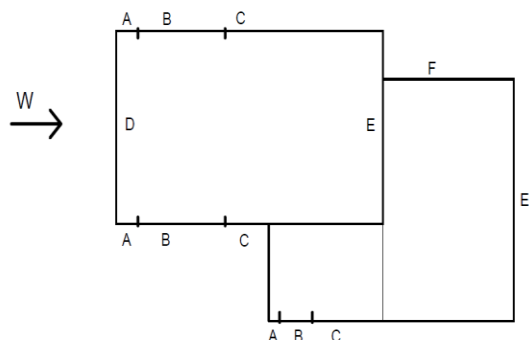
$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_V(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,327] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 15,106^2 \cong 470 \text{ N/m}^2$$

$$q_p(z) = 0,470 \text{ kN/m}^2$$

### Tlak větru na vnější povrchy

$$W_e = q_p(z) \cdot c_{pe} = 0,417 \cdot c_{pe} \text{ kN/m}^2$$



## Tlak větru v jednotlivých oblastech konstrukce

### Vítr *podélný směr A*

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{28; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_1 = 23,6 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{14; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_2 = 12,8 \text{ m}$$

#### *Svislé povrchy*

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,47 = -0,564 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,47 = -0,376 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,750 \cdot 0,47 = +0,353 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,400 \cdot 0,47 = -0,188 \text{ kN/m}^2$$

$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,47 = -0,047 \text{ kN/m}^2$$

#### *Střecha*

$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,47 = -0,799 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,47 = -0,611 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,47 = -0,282 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,5000 \rightarrow q_I = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2$$

### Vítr *podélný směr B*

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{35; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow e_1 = 12,8 \text{ m}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{28; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow e_2 = 23,6 \text{ m}$$

#### *Svislé povrchy*

$$A = -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,47 = -0,564 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,47 = -0,376 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,75 \rightarrow q_D = +0,750 \cdot 0,47 = +0,353 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,4 \rightarrow q_E = -0,400 \cdot 0,47 = -0,188 \text{ kN/m}^2$$

$$F = -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,47 = -0,047 \text{ kN/m}^2$$

#### *Střecha*

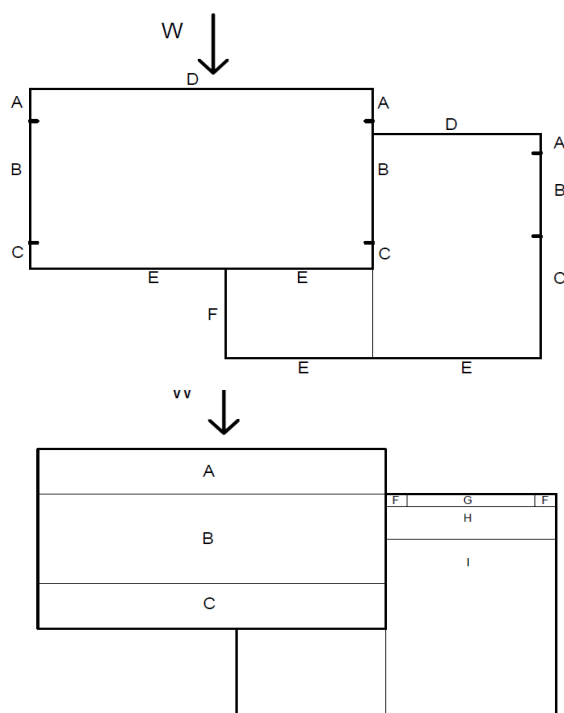
$$F = -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,47 = -0,799 \text{ kN/m}^2$$

$$G = -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,47 = -0,611 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,47 = -0,282 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,5000 \rightarrow q_I = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2$$





### Vítr *příčný směr A*

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{49; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow \underline{e_1 = 23,6 \text{ m}}$$

$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{22; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow \underline{e_2 = 12,8 \text{ m}}$$

#### Svislé povrchy

$$\begin{aligned} A &= -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,47 = -0,564 \text{ kN/m}^2 \\ B &= -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,47 = -0,376 \text{ kN/m}^2 \\ C &= -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2 \\ D &= +0,75 \rightarrow q_D = +0,750 \cdot 0,47 = +0,353 \text{ kN/m}^2 \\ E &= -0,4 \rightarrow q_E = -0,400 \cdot 0,47 = -0,188 \text{ kN/m}^2 \\ F &= -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,47 = -0,047 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

#### Střecha

$$\begin{aligned} F &= -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,47 = -0,799 \text{ kN/m}^2 \\ G &= -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,47 = -0,611 \text{ kN/m}^2 \\ H &= -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,47 = -0,282 \text{ kN/m}^2 \\ I &= -0,5000 \rightarrow q_I = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

### Vítr *příčný směr B*

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{49; 2 \cdot 11,8\} \Rightarrow \underline{e_1 = 23,6 \text{ m}}$$

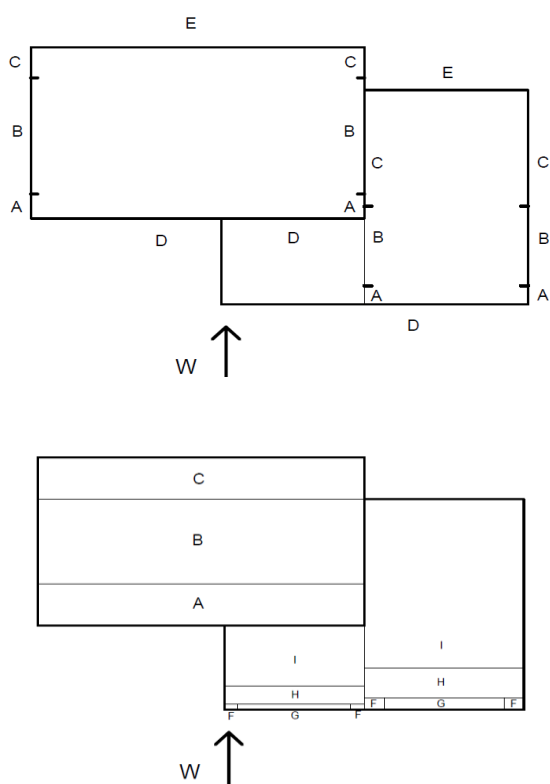
$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{22; 2 \cdot 6,4\} \Rightarrow \underline{e_2 = 12,8 \text{ m}}$$

#### Svislé povrchy

$$\begin{aligned} A &= -1,2000 \rightarrow q_A = -1,2000 \cdot 0,47 = -0,564 \text{ kN/m}^2 \\ B &= -0,8000 \rightarrow q_B = -0,8000 \cdot 0,47 = -0,376 \text{ kN/m}^2 \\ C &= -0,5000 \rightarrow q_C = -0,5000 \cdot 0,47 = -0,235 \text{ kN/m}^2 \\ D &= +0,75 \rightarrow q_D = +0,750 \cdot 0,47 = +0,353 \text{ kN/m}^2 \\ E &= -0,4 \rightarrow q_E = -0,400 \cdot 0,47 = -0,188 \text{ kN/m}^2 \\ F &= -0,1 \rightarrow q_F = -0,100 \cdot 0,47 = -0,047 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

#### Střecha

$$\begin{aligned} F &= -1,7000 \rightarrow q_F = -1,7000 \cdot 0,68 = -1,156 \text{ kN/m}^2 \\ G &= -1,3000 \rightarrow q_G = -1,3000 \cdot 0,68 = -0,884 \text{ kN/m}^2 \\ H &= -0,6000 \rightarrow q_H = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2 \\ I &= -0,6000 \rightarrow q_I = -0,6000 \cdot 0,68 = -0,408 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



### 3 Skupiny zatížení, zatěžovací stavy a kombinace

#### 3.1 Skupiny zatížení (LG – load groups):

Zatížení je rozdělené do skupin:

Název	Typ zátěžení	Špecifikace	Typ skupiny	Zatěžovací stavy
<b>LG1</b>	stále	standard	společná	LC1, LC2
<b>LG2</b>	proměnné, krátkodobé	sníh	výběrové	LC3, LC4
<b>LG3</b>	proměnné, krátkodobé	vítr	výběrová	LC5 – LC8
<b>LG4</b>	proměnné, krátkodobé	užitné, kat. C	výběrová	LC9

Pozn.: Typ skupiny *společná* znamená, že do kombinací vstupují vždy všechny zatěžovací stavy z dané skupiny.

Typ skupiny *výběrová* znamená, že do kombinací vstupuje vždy jeden zatěžovací stav z dané skupiny anebo žádný.

#### 3.2 Zatěžovací stavy (LC – load cases):

##### 3.2.1 LG1 – skupina stálých zátěží:

- LC1 – Stálé zatížení od obvodového pláště  
 LC2 – Vlastní tíha konstrukce

##### 3.2.2 LG2 – skupina krátkodobého zatížení, sníh:

- LC3 – Sníh plný  
 LC4 – Sníh návěje

##### 3.2.3 LG3 – skupina proměnných krátkodobých zátěží, vítr:

- LC5 – Vítr 1:  $180^\circ \pm 45^\circ$  - podélný směr A  
 LC6 – Vítr 2:  $0^\circ \pm 45^\circ$  - podélný směr B  
 LC7 – Vítr 3:  $90^\circ \pm 45^\circ$  - příčný směr A  
 LC8 – Vítr 4:  $270^\circ \pm 45^\circ$  - příčný směr B

##### 3.2.4 LG4 – skupina prom. krátkodob. zátěží, střechy kat. C:

- LC9 – Užitné zatížení

### 3.3 Kombinace – pro MSÚ

CO1	stálé+sníh	Lineární - únosnost	LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC4 - sníh plný	1,50
			LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
CO2	stálé+sníh+ 0,6 pod.směr A +0,7užitné	Lineární - únosnost	LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC3 - sníh návěje	1,10
			LC4 - sníh plný	1,50
			LC5 - vítr podélný směr A	0,90
			LC9 - užitné zatížení	1,05
CO3	stálé+sníh+0,6 vítr pod. směr B+0,7užitné	Lineární - únosnost	LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
			LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC3 - sníh návěje	1,10
			LC4 - sníh plný	1,50
			LC6 - vítr podélný směr B	0,90
			LC9 - užitné zatížení	1,05
CO4	stálé+ 0,5 sníh+vítr př. směr A+0,7užitné	Lineární - únosnost	LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
			LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC3 - sníh návěje	0,40
			LC4 - sníh plný	0,60
			LC7 - vítr příčný směr A	1,50
			LC9 - užitné zatížení	1,05
CO5	stálé+0,5 sníh+vítr příčný směr B+0,7užitné	Lineární - únosnost	LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
			LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC3 - sníh návěje	0,40
			LC4 - sníh plný	0,60
			LC8 - vítr příčný směr B	1,50
			LC9 - užitné zatížení	1,05
CO6	stálé+vítr příčný směr A	Lineární - únosnost	LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
			LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC7 - vítr příčný směr A	1,50
CO7	stálé+vítr příčný směr B	Lineární - únosnost	LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
			LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC8 - vítr příčný směr B	1,50
CO8	stálé+vítr podélný směr A	Lineární - únosnost	LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
			LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC5 - vítr podélný směr A	1,50
CO9	stálé+vítr podélný směr B	Lineární - únosnost	LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
			LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC6 - vítr podélný směr B	1,50
CO10	stálé+užitné	Lineární - únosnost	LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
			LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC9 - užitné zatížení	1,50
CO11	stálé+užitné+ 0,5 sníh+0,6 vítr přič. směr A	Lineární - únosnost	LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
			LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC3 - sníh návěje	0,40
			LC4 - sníh plný	0,75
			LC7 - vítr příčný směr A	0,90
CO12	stálé+užitné+ 0,5 sníh+0,6 vítr přič. směr B	Lineární - únosnost	LC9 - užitné zatížení	1,50
			LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
			LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC3 - sníh návěje	0,40
			LC4 - sníh plný	0,75
CO13	stálé+užitné+ 0,5 sníh+0,6 vítr pod. směr A	Lineární -	LC8 - vítr příčný směr B	0,90
			LC9 - užitné zatížení	1,50
			LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35
			LC1 - stálé zatížení	1,35
			LC2 - vlastní tíha	1,35
			LC3 - sníh návěje	0,40

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>				
CO13	stálé+užitné+ 0,5 sníh+0,6 vítr pod. směr A	únosnost -	LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC5 - vítr podélný směr A LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35 0,40 0,75 0,90 1,50 1,35
CO14	stálé+užitné+ 0,5 sníh+0,6 vítr pod. směr B	Lineární - únosnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC6 - vítr podélný směr B LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35 1,35 0,40 0,75 0,90 1,50 1,35
CO15	stálé+sníh+0,6 vítr příč. směr B+0,7užitné	Lineární - únosnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC7 - vítr příčný směr A LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35 1,35 1,10 1,50 0,90 1,05 1,35
CO16	stálé+sníh+0,6 vítr příč. směr B+0,7užitné	Lineární - únosnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC8 - vítr příčný směr B LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35 1,35 1,10 1,50 0,90 1,05 1,35
CO17	stálé+0,5sníh+ vítr pod. směr A+0,7užitné	Lineární - únosnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC5 - vítr podélný směr A LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35 1,35 0,40 0,60 1,50 1,05 1,35
CO18	stálé+0,5sníh+ vítr pod. směr B+0,7užitné	Lineární - únosnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC6 - vítr podélný směr B LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,35 1,35 0,40 0,60 1,50 1,05 1,35

### 3.4 Kombinace – pro MSP

CO19	stálé+sníh	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC4 - sníh plný LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 1,00 1,00
CO20	stálé+sníh+ 0,6 pod.směr A +0,7užitné	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC5 - vítr podélný směr A LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 1,00 1,00 0,60 0,70 1,00
CO21	stálé+sníh+0,6 vítr pod. směr B+0,7užitné	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC6 - vítr podélný směr B LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 1,00 1,00 0,60 0,70 1,00
CO22	stálé+sníh+0,6 vítr příč. směr B+0,7užitné	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC7 - vítr příčný směr A LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 1,00 1,00 0,60 0,70 1,00
CO23	stálé+sníh+0,6 vítr příč. směr B+0,7užitné	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC8 - vítr příčný směr B LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 1,00 1,00 0,60 0,70 1,00
CO24	stálé+ 0,5 sníh+vítr př. směr A+0,7užitné	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC7 - vítr příčný směr A LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 0,40 0,50 1,00 0,70 1,00
CO25	stálé+0,5 sníh+vítr příčný směr B+0,7užitné	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC8 - vítr příčný směr B LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 0,40 0,50 1,00 0,70 1,00
CO26	stálé+0,5sníh+ vítr pod. směr A+0,7užitné	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC5 - vítr podélný směr A LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 0,40 0,50 1,00 0,70 1,00
CO27	stálé+0,5sníh+ vítr pod. směr B+0,7užitné	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sníh návěje LC4 - sníh plný LC6 - vítr podélný směr B LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 0,40 0,50 1,00 0,70 1,00
CO28	stálé+vítr příčný směr A	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC7 - vítr příčný směr A LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 1,00 1,00
CO29	stálé+vítr příčný směr B	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC8 - vítr příčný směr B LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 1,00 1,00

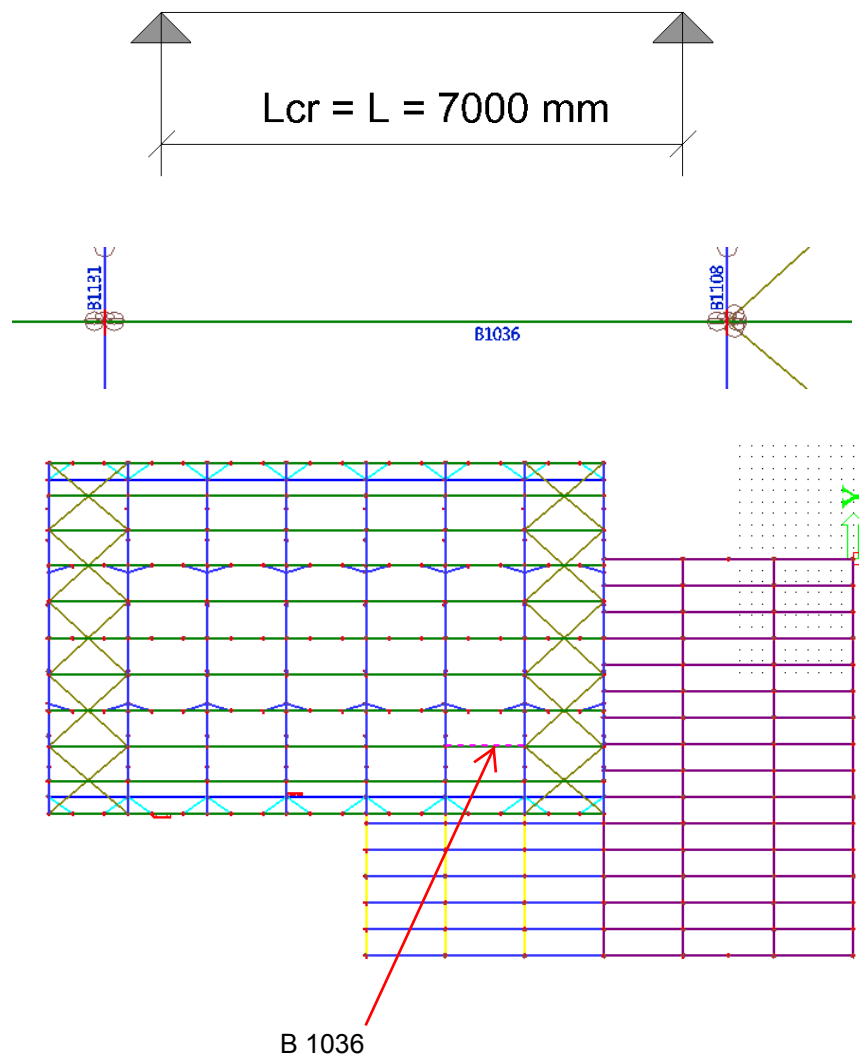
\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>				
CO30	stálé+vítr podélný směr A	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC5 - vítr podélný směr A LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 1,00 1,00
CO31	stálé+vítr podélný směr B	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC6 - vítr podélný směr B LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 1,00 1,00
CO32	stálé+užitné	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 1,00 1,00
CO33	stálé+užitné+ 0,5 sních+0,6 vítr příč. směr A	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sních návěje LC4 - sních plný LC7 - vítr příčný směr A LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 0,40 0,50 0,60 1,00 1,00
CO34	stálé+užitné+ 0,5 sních+0,6 vítr příč. směr B	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sních návěje LC4 - sních plný LC8 - vítr příčný směr B LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 0,40 0,50 0,60 1,00 1,00
CO35	stálé+užitné+ 0,5 sních+0,6 vítr pod. směr A	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sních návěje LC4 - sních plný LC5 - vítr podélný směr A LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 0,40 0,50 0,60 1,00 1,00
CO36	stálé+užitné+ 0,5 sních+0,6 vítr pod. směr B	Lineární - použitelnost	LC1 - stálé zatížení LC2 - vlastní tíha LC3 - sních návěje LC4 - sních plný LC6 - vítr podélný směr B LC9 - užitné zatížení LC10 - stálé zatížení z. str.	1,00 1,00 0,40 0,50 0,60 1,00 1,00

## 4 Posouzení jednotlivých prvků konstrukce

### 4.1 Vaznice – HEA 220

- Vaznice tvoří válcované profily HEA 220 a délce 7 metrů
- Jsou kotveny pomocí ocelových plechů k hornímu okraji horního pásu obloukového příhradového vazníku
- Vzpěrná délka – 7 m



<b>Prvek B1036</b>	<b>7,000 m</b>	<b>HEA220</b>	<b>S 235</b>	<b>CO15</b>	<b>0,85 -</b>
--------------------	----------------	---------------	--------------	-------------	---------------

<b>Dílčí souč. spolehlivosti</b>	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

<b>Materiál</b>		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

**Kritický posudek v místě 3.500 m**

<b>Vnitřní síly</b>	<b>Vypočtené</b>	<b>Jednotka</b>
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
N,Ed	-17,84	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	0,00	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	56,14	kNm
Mz,Ed	-12,02	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

#### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,71
Třída 1 limit	66,40
Třída 2 limit	76,46
Třída 3 limit	115,89

=> vnitřní tlačené části třída 1

#### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	8,05
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	14,38

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

#### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	6,4300e-03	m^2
Nc,Rd	1511,05	kN
Jedn. posudek	0,01	-

#### Posudek ohybového momentu for My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	5,6667e-04	m^3
Mpl,y,Rd	133,17	kNm
Jedn. posudek	0,42	-

#### Posudek ohybového momentu for Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	2,7042e-04	m^3
Mpl,z,Rd	63,55	kNm
Jedn. posudek	0,19	-

#### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,1	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

#### Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 9.1.2.6 a rovnice (6.41)

Mpl,y,Rd	133,17	kNm
Alfa	2,00	
Mpl,z,Rd	63,55	kNm
Beta	1,00	



**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy z-z se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

**Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr**

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

**Klasifikace pro vnitřní tlačené části**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,71
Třída 1 limit	33,00
Třída 2 limit	38,00
Třída 3 limit	42,00

=> vnitřní tlačené části třída 1

**Klasifikace pro vnější pásnice**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	8,05
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	14,00

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	7,000	7,000	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka L <sub>cr</sub>	7,000	7,000	m
Kritické Eulerovo zatížení N <sub>cr</sub>	2288,34	829,05	kN
Štíhlost Lambda	76,31	126,79	
Poměrná štíhlost Lambda <sub>rel</sub>	0,81	1,35	
Mezní štíhlost Lambda <sub>rel,0</sub>	0,20	0,20	

**Poznámka:** Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky prostorového vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

**Posudek klopení**

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. a vzorce (6.54)

Parametry klopení		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
Metoda pro křivku klopení	Art. 6.3.2.2.	
W <sub>y</sub>	5.6667e-04	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment M <sub>cr</sub>	181.24	kNm
Relativní štíhlost Lambda <sub>LT</sub>	0.86	
Mezní štíhlost Lambda <sub>LT,0</sub>	0.40	
Křivka klopení	a	
Imperfekce Alfa <sub>LT</sub>	0.21	
Redukční součinitel Chi <sub>LT</sub>	0.76	
Únosnost na vzpěr M <sub>b,Rd</sub>	101.40	kNm
Jedn. posudek	0.55	-

Parametry M <sub>cr</sub>		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
Délka klopení	7.000	m
k	1.00	
k <sub>w</sub>	1.00	
C <sub>1</sub>	1.13	
C <sub>2</sub>	0.45	
C <sub>3</sub>	0.53	

Pozn.: Parametry C podle ECCS 119 2006 / Galea 2002  
zatížení v těžišti

**Posudek na tlak s ohybem**

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
k <sub>yy</sub>	0.907	
k <sub>yz</sub>	0.579	
k <sub>zy</sub>	0.998	
k <sub>zz</sub>	0.966	
Delta M <sub>y</sub>	0.00	kNm
Delta M <sub>z</sub>	0.00	kNm
A	6.4300e-03	m <sup>2</sup>
W <sub>y</sub>	5.6667e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>z</sub>	2.7042e-04	m <sup>3</sup>
N <sub>Rk</sub>	1511.05	kN
M <sub>y,Rk</sub>	133.17	kNm
M <sub>z,Rk</sub>	63.55	kNm

*\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\**

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Students</i>		
My,Ed	56.14	kNm
Mz,Ed	-12.02	kNm
Interakční metoda 2		
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
Cmy	0.900	
Cmz	0.950	
CmLT	0.950	

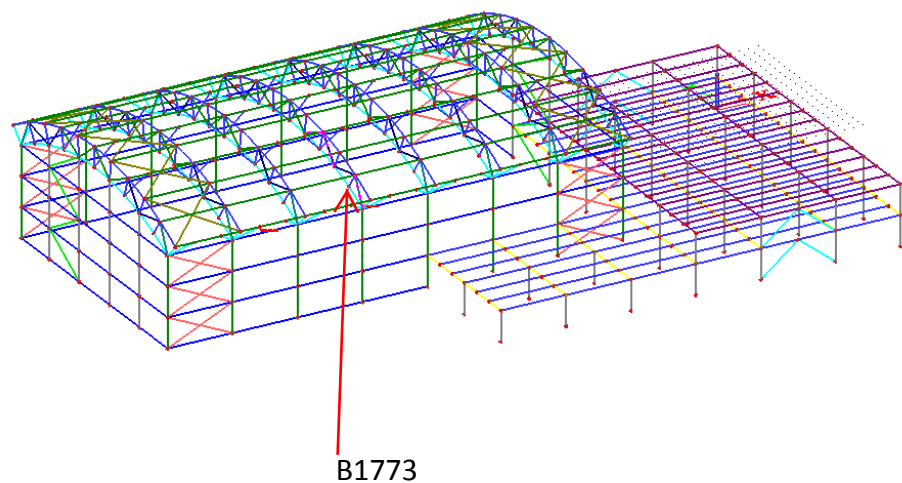
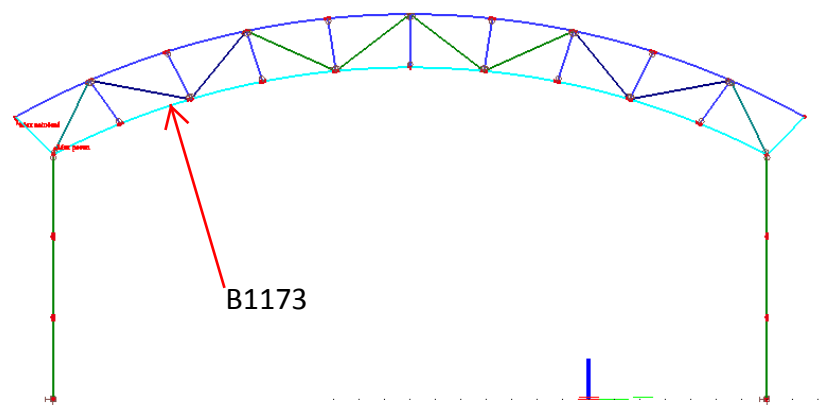
Jedn. posudek (6.61) = 0.01 + 0.50 + 0.11 = 0.62

Jedn. posudek (6.62) = 0.01 + 0.65 + 0.18 = 0.85

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

#### 4.2 Dolní pás obloukového příhradového vazník – HEA 200

- dolní pás příhradového vazníku je po celé délce tažený
- .
- stabilita dolního pásu příhradového vazníku je zajištěna pomocí vzpěrek kotvených kloubově k vaznicím - viz výkresová dokumentace
- .
- jedná se o profil HEA 200 - po délce neměnný
- .
- rozdělen na tři díly spojené montážními styky - viz výkresová dokumentace



<b>Prvek B1173</b>	<b>29,104 m</b>	<b>HEA200</b>	<b>S 235</b>	<b>CO2</b>	<b>0,69 -</b>
--------------------	-----------------	---------------	--------------	------------	---------------

Dílčí souč. spolehlivosti	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

Kritický posudek v místě 13.097 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
N,Ed	739,70	kN
Vy,Ed	-0,06	kN
Vz,Ed	1,68	kN
T,Ed	0,01	kNm
My,Ed	16,41	kNm
Mz,Ed	-0,23	kNm

#### Posudek na tah

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6,5)

A	5,3800e-03	m^2
Npl,Rd	1264,30	kN
Nu,Rd	1394,50	kN
Nt,Rd	1264,30	kN
Jedn. posudek	0,69	-

#### Posudek ohybového momentu for My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	4,2917e-04	m^3
Mpl,y,Rd	100,85	kNm
Jedn. posudek	0,16	-

#### Posudek ohybového momentu for Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	2,0375e-04	m^3
Mpl,z,Rd	47,88	kNm
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek smyku pro Vy

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	4,1593e-03	m^2
Vpl,y,Rd	564,32	kN
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek smyku pro Vz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	1,8050e-03	m^2
Vpl,z,Rd	244,90	kN
Jedn. posudek	0,01	-

#### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,7	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

#### Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 9.1.2.6 a rovnice (6.41)

MN,y,Rd	48,00	kNm
Alfa	2,00	
MN,z,Rd	41,08	kNm
Beta	2,93	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,12 + 0,00 = 0,12 -

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská</i>		
Vzpěrná délka pro prostorový vzpěr	5.821	m
Ncr,T	2520.75	kN
Ncr,TF	90.29	kN
Relativní štíhlost Lambda,T	3.74	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	
Vzpěr. křivka	c	
Imperfekce Alfa	0.49	
A	5.3800e-03	m^2
Redukční součinitel Chi	0.06	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	79.74	kN
Jedn. posudek	0.00	-

#### Posudek klopení

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. a vzorce (6.54)

Parametry klopení		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *St</i>		
Metoda pro křivku klopení	Art. 6.3.2.2.	
Wy	4.2917e-04	m^3
Pružný kritický moment Mcr	165.58	kNm
Relativní štíhlost Lambda,LT	0.78	
Mezní štíhlost Lambda,LT,0	0.40	

Parametry Mcr		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská</i>		
Délka klopení	5.821	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.19	
C2	0.75	
C3	0.53	

Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

#### Posudek boulení

v poli vzpěru 1

Podle článku EN 1993-1-5 : 5. & 7.1. a vzorce (5.10) & (7.1)

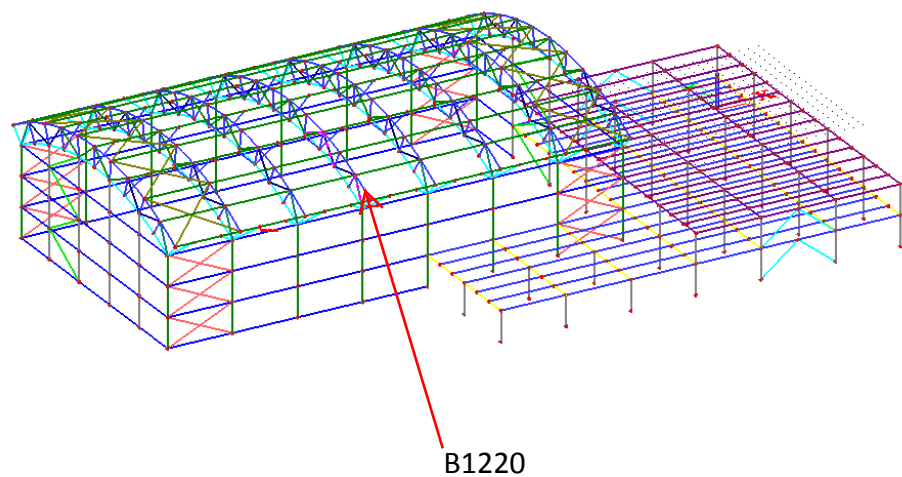
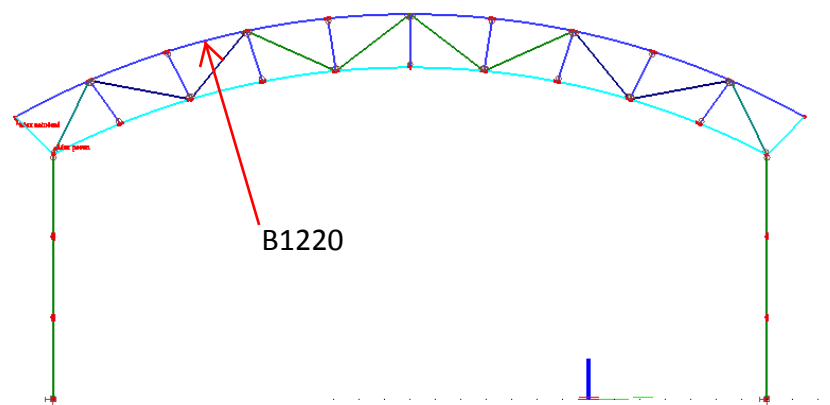
Tabulka hodnot	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>	
hw/t	26.154

Štíhlost stojiny je taková, že není potřeba posudek ztráty stability smykem.

Prvek splňuje podmínky stabiálního posudku.

#### 4.3 Horní pás obloukového příhradového vazník – HEA 240

- horní pás příhradového vazníku je po celé délce tlačенý
- .
- jedná se o profil HEA 240 - po délce neměnný
- .
- rozdělen na tři díly spojené montážními styky - viz výkresová dokumentace
- .
- vzpěrná délka prvku :
  - $L_{cr,y}$  - vzdálenost kolmých vzpěr v. - 3,233 m
  - $L_{cr,z}$  - vzdálenost vaznic - 3,233 m



Prvek	B1220	32,332 m	HEA240	S 235	CO16	0,84 -
-------	-------	----------	--------	-------	------	--------

Dílič souč. spolehlivosti	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

Kritický posudek v místě 17.782 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
N,Ed	-766,18	kN
Vy,Ed	5,31	kN
Vz,Ed	-1,08	kN
T,Ed	-0,01	kNm
My,Ed	-2,86	kNm
Mz,Ed	11,95	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

#### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,87
Třída 1 limit	33,00
Třída 2 limit	38,00
Třída 3 limit	42,83

=> vnitřní tlačené části třída 1

#### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	7,94
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	14,18

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

#### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	7,6800e-03	m^2
Nc,Rd	1804,80	kN
Jedn. posudek	0,42	-

#### Posudek ohybového momentu for My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	7,4583e-04	m^3
Mpl,y,Rd	175,27	kNm
Jedn. posudek	0,02	-

#### Posudek ohybového momentu for Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	3,5167e-04	m^3
Mpl,z,Rd	82,64	kNm
Jedn. posudek	0,14	-

#### Posudek smyku pro Vy

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	5,9737e-03	m^2
Vpl,y,Rd	810,50	kN
Jedn. posudek	0,01	-

#### Posudek smyku pro Vz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	2,5140e-03	m^2
Vpl,z,Rd	341,09	kN
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

#### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 9,1.2.6 a rovnice (6.41)

MN <sub>y,Rd</sub>	115,27	kNm
Alfa	2,00	
MN <sub>z,Rd</sub>	79,35	kNm
Beta	2,12	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,00 + 0,02 = 0,02 -

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

.....: **POSUDEK STABILITY:.....**

#### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 16,166 m

#### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,87
Třída 1 limit	33,00
Třída 2 limit	38,00
Třída 3 limit	49,82

=> vnitřní tlačené části třída 1

#### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	7,94
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	13,87

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3,233	3,233	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka L <sub>cr</sub>	3,233	3,233	m
Kritické Eulerovo zatížení N <sub>cr</sub>	15389,55	5493,44	kN
Štíhlost Lambda	32,16	53,83	
Poměrná štíhlost Lambda <sub>rel</sub>	0,34	0,57	
Mezní štíhlost Lambda <sub>rel,0</sub>	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0,34	0,49	
Redukční součinitel Chi	0,95	0,80	
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	1711,53	1445,94	kN

Posudek rovinného vzpěru			
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i>			
Průřezová plocha A	7,6800e-03	m <sup>2</sup>	
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	1445,94	kN	
Jedn. posudek	0,53	-	

#### Posudek klopení

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. a vzorce (6.54)

Parametry klopení			
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i>			
Metoda pro křivku klopení	Art. 6.3.2.2.		
W <sub>y</sub>	7,4583e-04	m <sup>3</sup>	
Pružný kritický moment M <sub>cr</sub>	3436,57	kNm	
Relativní štíhlost Lambda <sub>LT</sub>	0,23		
Mezní štíhlost Lambda <sub>LT,0</sub>	0,40		

Parametry M <sub>cr</sub>		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
Délka klopení	3,233	m
k	1,00	
kw	1,00	
C <sub>1</sub>	4,67	
C <sub>2</sub>	1,79	
C <sub>3</sub>	0,41	

Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

#### Posudek na tlak s ohybem

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)

Interakční metoda 2



Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Students</i>		
kyy	0.957	
kyz	0.515	
kzy	0.574	
kzz	0.859	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	7.6800e-03	m^2
Wy	7.4583e-04	m^3
Wz	3.5167e-04	m^3
NRk	1804.80	kN
My,Rk	175.27	kNm
Mz,Rk	82.64	kNm
My,Ed	29.41	kNm
Mz,Ed	20.52	kNm
Interakční metoda 2		
Psi y	0.882	
Psi z	0.164	
Cmy	0.900	
Cmz	0.666	
CmLT	0.400	

Jedn. posudek (6.61) =  $0.45 + 0.16 + 0.13 = 0.74$

Jedn. posudek (6.62) =  $0.53 + 0.10 + 0.21 = 0.84$

#### Posudek boulení

v poli vzpěru 1

Podle článku EN 1993-1-5 : 5. & 7.1. a vzorce (5.10) & (7.1)

Tabulka hodnot	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Stua</i>	
hw/t	27.467

Štíhlost stojiny je taková, že není potřeba posudek ztráty stability smykem.

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.



#### 4.4 Tlačené diagonály příhradového vazníku - profily TR

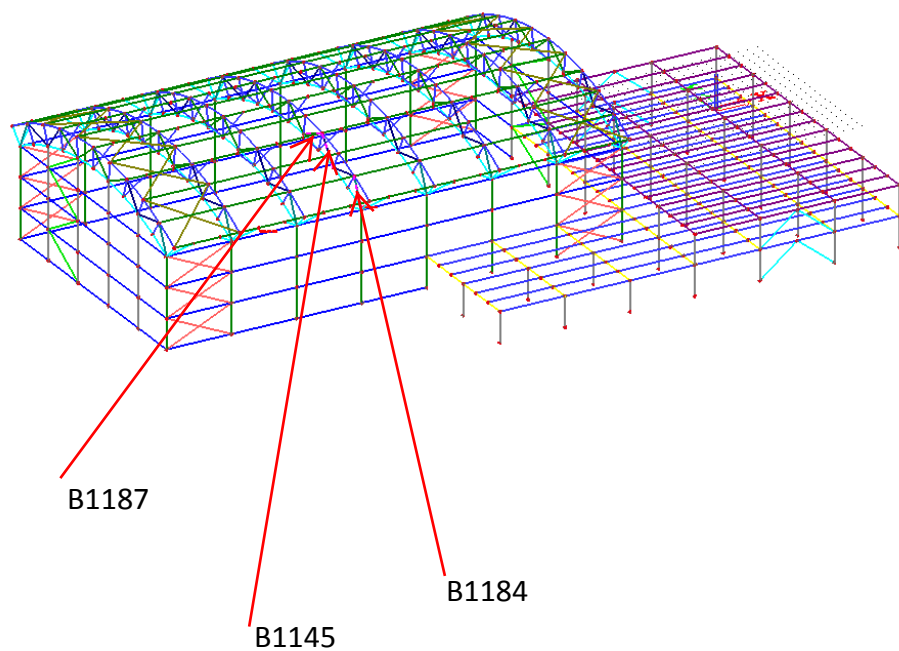
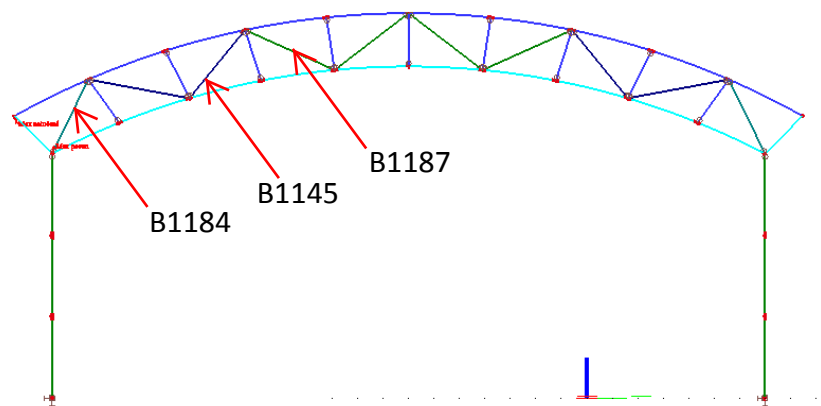
- tlačené diagonály tvořící příhradový vazník mají rozdílné profily  
v závislosti na průběhu vnitřních sil :

- TR 82,5 x 7 - B1187

- TR 114 x 8 - B1145

- TR 160 x 8 - B1184

- vzpěrná délka tlačených diagonál je rovná jejich délce



Prvek B1184	3,241 m	Trubka (160; 8)	S 235	C O 15	0,62 -
Díličí souč. spolehlivosti					
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*					
Gamma M0	pro	únosnost průřezu			1,00
Gamma M1	pro	únosnost na nestabilitu			1,00
Gamma M2	pro	únosnost čistého průřezu			1,25

Materiál		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

**Varování:** Redukce pevnosti ve funkci tloušťky není pro tento typ průřezu povolena.

.....:POSUDEK PRŮŘEZU:.....

**Kritický posudek v místě 0.000 m**

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu		
N,Ed	-375,17	kN
Vy,Ed	0,28	kN
Vz,Ed	0,00	kN
T,Ed	-0,01	kNm
My,Ed	0,00	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

**Klasifikace pro návrh průřezu**

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

**Varování:** Klasifikace není pro tento typ průřezu podporována.

Průřez se posoudí jako pružný, třída 3.

**Posudek na tlak**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	3,8202e-03	m^2
Nc,Rd	897,74	kN
Jedn. posudek	0,42	-

**Posudek smyku pro Vy**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.19)

Tau,Vy,Ed	0,1	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Pro daný průřezzpůsob výroby není zadána žádná smyková plocha, proto nelze určit plastickou smykovou únosnost. Jako výsledek se posuzuje pružná smykova

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,1	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

**Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(5) a rovnice (6.1)

Elastický posudek		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
Vlákno	1	
Sigma,N,Ed	98,2	MPa
Sigma,My,Ed	0,0	MPa
Sigma,Mz,Ed	0,0	MPa
Sigma,tot,Ed	98,2	MPa
Tau,Vy,Ed	0,1	MPa
Tau,Vz,Ed	0,0	MPa
Tau,t,Ed	0,1	MPa
Tau,tot,Ed	0,2	MPa
Sigma,von Mises,Ed	98,2	MPa
Jedn. posudek	0,42	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

.....:POSUDEK STABILITY:.....

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3,241	3,241	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka Lcr	3,241	3,241	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	2182,63	2182,63	kN

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Štíhlost Lambda	60,24	60,24	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	0,64	0,64	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	d	d	
Imperfekce Alfa	0,76	0,76	
Redukční součinitel Chi	0,68	0,68	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	612,25	612,25	kN

Posudek rovinného vzpěru		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i>		
Průřezová plocha A	3,8202e-03	m^2
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	612,25	kN
Jedn. posudek	0,61	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
Vzpěrná délka pro prostorový vzpěr	3.241	m
Ncr,T	303623.78	kN
Ncr,TF	2182.63	kN
Relativní štíhlost Lambda,T	0.64	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	
Vzpěr. křivka	d	
Imperfekce Alfa	0.76	
A	3.8202e-03	m^2
Redukční součinitel Chi	0.68	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	612.29	kN
Jedn. posudek	0.61	-

#### Posudek na tlak s ohybem

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
kyy	1.112	
kyy	1.174	
kzy	0.974	
kzz	1.174	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	3.8202e-03	m^2
Wy	1.3829e-04	m^3
Wz	1.3829e-04	m^3
NRk	897.74	kN
My,Rk	32.50	kNm
Mz,Rk	32.50	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	0.23	kNm
Interakční metoda 2		
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
Cmy	0.900	
Cmz	0.950	
CmLT	1.000	

$$\text{Jedn. posudek (6.61)} = 0.61 + 0.00 + 0.01 = 0.62$$

$$\text{Jedn. posudek (6.62)} = 0.61 + 0.00 + 0.01 = 0.62$$

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

Prvek B1145	3,461 m	Trubka (114; 8)	S 235	CO15	0,71 -
Dílič souč. spolehlivosti					
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*					
Gamma M0	pro	únosnost průřezu			1,00
Gamma M1	pro	únosnost na nestabilitu			1,00
Gamma M2	pro	únosnost čistého průřezu			1,25

Materiál		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

**Varování:** Redukce pevnosti ve funkci tloušťky není pro tento typ průřezu povolena.

.....:POSUDEK PRŮŘEZU:.....

**Kritický posudek v místě 3.461 m**

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu		
N,Ed	-205,65	kN
Vy,Ed	-0,30	kN
Vz,Ed	0,00	kN
T,Ed	-0,19	kNm
My,Ed	0,00	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

**Klasifikace pro návrh průřezu**

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

**Varování:** Klasifikace není pro tento typ průřezu podporována.

Průřez se posoudí jako pružný, třída 3.

**Posudek na tlak**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	2,6641e-03	m^2
Nc,Rd	626,06	kN
Jedn. posudek	0,33	-

**Posudek smyku pro Vy**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.19)

Tau,Vy,Ed	0,2	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Pro daný průřez způsob výroby není zadána žádná smyková plocha, proto nelze určit plastickou smykovou únosnost. Jako výsledek se posuzuje pružná smykova

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	1,5	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

**Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(5) a rovnice (6.1)

Elastický posudek		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
Vlákno	1	
Sigma,N,Ed	77,2	MPa
Sigma,My,Ed	0,0	MPa
Sigma,Mz,Ed	0,0	MPa
Sigma,tot,Ed	77,2	MPa
Tau,Vy,Ed	0,2	MPa
Tau,Vz,Ed	0,0	MPa
Tau,t,Ed	1,5	MPa
Tau,tot,Ed	1,7	MPa
Sigma,von Mises,Ed	77,3	MPa
Jedn. posudek	0,33	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

.....:POSUDEK STABILITY:.....

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3,461	3,461	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka Lcr	3,461	3,461	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	651,09	651,09	kN
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Štíhlost Lambda	92,10	92,10	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	0,98	0,98	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	d	d	
Imperfekce Alfa	0,76	0,76	
Redukční součinitel Chi	0,48	0,48	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	298,65	298,65	kN

Posudek rovinného vzpěru		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i>		
Průřezová plocha A	2,6641e-03	m^2
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	298,65	kN
Jedn. posudek	0,69	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
Vzpěrná délka pro prostorový vzpěr	3.461	m
Ncr,T	210062.97	kN
Ncr,TF	651.09	kN
Relativní štíhlost Lambda,T	0.98	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	
Vzpěr. křivka	d	
Imperfekce Alfa	0.76	
A	2.6641e-03	m^2
Redukční součinitel Chi	0.48	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	298.68	kN
Jedn. posudek	0.69	-

#### Posudek na tlak s ohybem

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
kyy	1.265	
kzy	1.335	
kzy	0.955	
kzz	1.335	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	2.6641e-03	m^2
Wy	6.6018e-05	m^3
Wz	6.6018e-05	m^3
NRk	626.06	kN
My,Rk	15.51	kNm
Mz,Rk	15.51	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	0.26	kNm
Interakční metoda 2		
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
Cmy	0.900	
Cmz	0.950	
CmLT	1.000	

$$\text{Jedn. posudek (6.61)} = 0.69 + 0.00 + 0.02 = 0.71$$

$$\text{Jedn. posudek (6.62)} = 0.69 + 0.00 + 0.02 = 0.71$$

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

Prvek B1187	3,851 m	Trubka (83; 7)	S 235	CO6	0,59 -
Dílčí souč. spolehlivosti					
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*					
Gamma M0	pro	únosnost průřezu			1,00
Gamma M1	pro	únosnost na nestabilitu			1,00
Gamma M2	pro	únosnost čistého průřezu			1,25

Materiál		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

**Varování:** Redukce pevnosti ve funkci tloušťky není pro tento typ průřezu povolena.

....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

**Kritický posudek v místě 3.851 m**

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu		
N,Ed	-55,82	kN
Vy,Ed	-0,30	kN
Vz,Ed	0,00	kN
T,Ed	-0,05	kNm
My,Ed	0,00	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

**Klasifikace pro návrh průřezu**

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

**Varování:** Klasifikace není pro tento typ průřezu podporována.

Průřez se posoudí jako pružný, třída 3.

**Posudek na tlak**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,6603e-03	m^2
Nc,Rd	390,18	kN
Jedn. posudek	0,14	-

**Posudek smyku pro Vy**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.19)

Tau,Vy,Ed	0,4	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Pro daný průřez/způsob výroby není zadána žádná smyková plocha, proto nelze určit plastickou smykovou únosnost. Jako výsledek se posuzuje pružná smykova

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	1,0	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

**Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(5) a rovnice (6.1)

Elastický posudek		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
Vlákno	11	
Sigma,N,Ed	33,6	MPa
Sigma,My,Ed	0,0	MPa
Sigma,Mz,Ed	0,0	MPa
Sigma,tot,Ed	33,6	MPa
Tau,Vy,Ed	0,4	MPa
Tau,Vz,Ed	0,0	MPa
Tau,t,Ed	1,0	MPa
Tau,tot,Ed	1,3	MPa
Sigma,von Mises,Ed	33,7	MPa
Jedn. posudek	0,14	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3,851	3,851	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka Lcr	3,851	3,851	m

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	166,76	166,76	kN
Štíhlost Lambda	143,66	143,66	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	1,53	1,53	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	d	d	
Imperfekce Alfa	0,76	0,76	
Redukční součinitel Chi	0,27	0,27	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	104,83	104,83	kN

Posudek rovinného vzpěru		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i>		
Průřezová plocha A	1,6603e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	104,83	kN
Jedn. posudek	0,53	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
Vzpěrná délka pro prostorový vzpěr	3.851	m
Ncr,T	131042.80	kN
Ncr,TF	166.76	kN
Relativní štíhlost Lambda,T	1.53	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	
Vzpěr. křivka	d	
Imperfekce Alfa	0.76	
A	1.6603e-03	m <sup>2</sup>
Redukční součinitel Chi	0.27	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	104.84	kN
Jedn. posudek	0.53	-

#### Posudek na tlak s ohybem

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
kyy	1.188	
kyz	1.254	
kzy	0.965	
kzz	1.254	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	1.6603e-03	m <sup>2</sup>
Wy	2.8926e-05	m <sup>3</sup>
Wz	2.8926e-05	m <sup>3</sup>
NRk	390.18	kN
My,Rk	6.80	kNm
Mz,Rk	6.80	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	0.29	kNm
Interakční metoda 2		
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
Cmy	0.900	
Cmz	0.950	
CmLT	1.000	

Jedn. posudek (6.61) = 0.53 + 0.00 + 0.05 = 0.59

Jedn. posudek (6.62) = 0.53 + 0.00 + 0.05 = 0.59

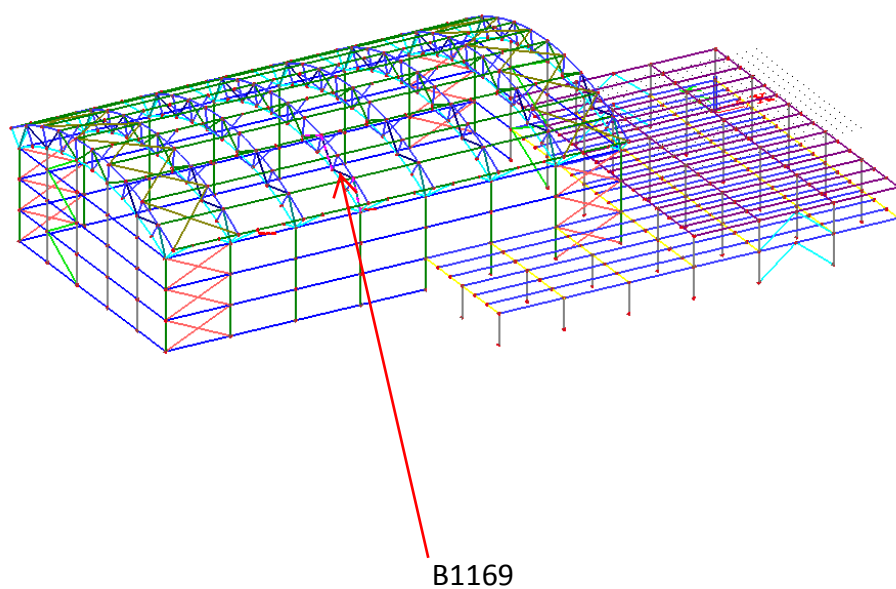
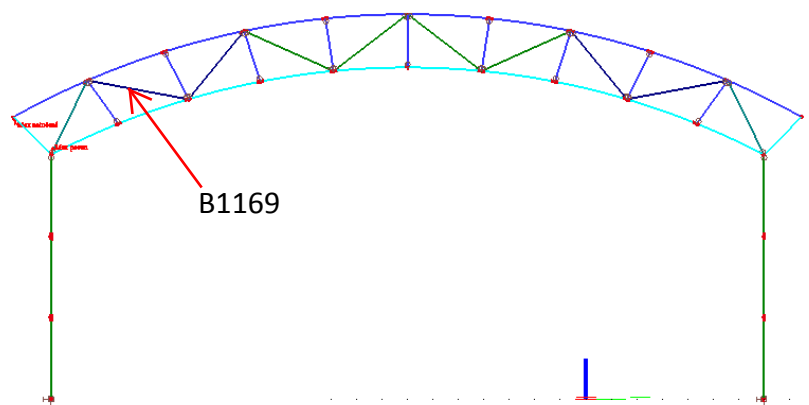
Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.



#### 4.5 Tažená diagonála příhradového vazníku – profil TR

- tažené diagonály příhradového vazníku mají profil :

- TR 114 x 8 - B1169



Prvek B1169	4,033 m	Trubka (114; 8)	S 235	CO15	0,63 -
-------------	---------	-----------------	-------	------	--------

Dílič souč. spolehlivosti	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

**Varování:** Redukce pevnosti ve funkci tloušťky není pro tento typ průřezu povolena.

.....**POSUDEK PRŮŘEZU**:.....

**Kritický posudek v místě 2.017 m**

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
N,Ed	331,53	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	0,00	kN
T,Ed	0,22	kNm
My,Ed	0,00	kNm
Mz,Ed	0,55	kNm

**Klasifikace pro návrh průřezu**

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

**Varování:** Klasifikace není pro tento typ průřezu podporována.

Průřez se posoudí jako pružný, třída 3.

**Posudek na tah**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6,5)

A	2,6641e-03	m^2
Npl,Rd	626,06	kN
Nu,Rd	690,53	kN
Nt,Rd	626,06	kN
Jedn. posudek	0,53	-

**Posudek ohybového momentu for Mz**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.14)

Wel,z,min	6,6018e-05	m^3
Mel,z,Rd	15,51	kNm
Jedn. posudek	0,04	-

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	1,7	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

**Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly**

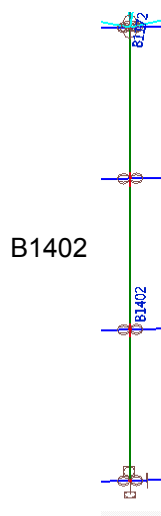
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(5) a rovnice (6.1)

Elastický posudek		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S</i>		
Vlákno	6	
Sigma,N,Ed	-124,4	MPa
Sigma,My,Ed	0,0	MPa
Sigma,Mz,Ed	-8,4	MPa
Sigma,tot,Ed	-132,8	MPa
Tau,Vy,Ed	0,0	MPa
Tau,Vz,Ed	0,0	MPa
Tau,t,Ed	1,7	MPa
Tau,tot,Ed	1,7	MPa
Sigma,von Mises,Ed	132,9	MPa
Jedn. posudek	0,57	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

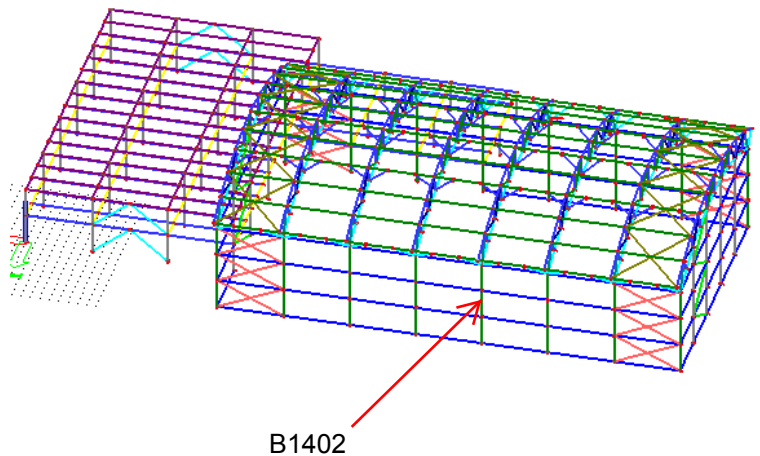
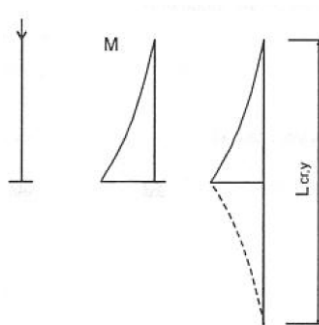
.....**POSUDEK STABILITY**:.....

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.



#### 4.6 Nosný sloup – HEA 340

- Ocelové sloupy podírající příhradové obloukové vazníky jsou z válcovaných profilu HEA 340 o výšce 9,6m vyrobených z oceli typu S 235
- Upevnění ocelového sloupu k základové konstrukci musí být provedeno podle statického výpočtu tak, aby bylo se dosaženo uložení typu vetknutí
- Osová vzdálenost sloupů je 7 m
- Vzpěrná délka –  $19,2 \text{ m} = 2 \times \text{délka sloupu}$



Prvek B1402	9,600 m	HEA340	S 235	CO4	0,81 -
-------------	---------	--------	-------	-----	--------

Dílič souč. spolehlivosti	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
N,Ed	-167,14	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	-47,08	kN
T,Ed	0,01	kNm
My,Ed	287,69	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

#### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	25,58
Třída 1 limit	52,78
Třída 2 limit	60,78
Třída 3 limit	105,17

=> vnitřní tlačené části třída 1

#### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	7,17
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	13,79

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

#### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,3400e-02	m^2
Nc,Rd	3149,00	kN
Jedn. posudek	0,05	-

#### Posudek ohybového momentu for My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	1,8500e-03	m^3
Mpl,y,Rd	434,75	kNm
Jedn. posudek	0,66	-

#### Posudek ohybového momentu for Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	7,5417e-04	m^3
Mpl,z,Rd	177,23	kNm
Jedn. posudek	0,01	-

#### Posudek smyku pro Vy

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	1,0247e-02	m^2
Vpl,y,Rd	1390,25	kN
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek smyku pro Vz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	4,5478e-03	m^2
Vpl,z,Rd	617,03	kN
Jedn. posudek	0,08	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

#### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 9,1.2.6 a rovnice (6.41)

Mpl,y,Rd	434,75	kNm
Alfa	2,00	
Mpl,z,Rd	177,23	kNm
Beta	1,00	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,44 + 0,01 = 0,45 -

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy z-z se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

#### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

#### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	25,58
Třída 1 limit	52,78
Třída 2 limit	60,78
Třída 3 limit	105,17

=> vnitřní tlačené části třída 1

#### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	7,17
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	13,79

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
Typ posuvných stýčků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	9,600	3,200	m
Součinitel vzpěru k	2,00	1,00	
Vzpěrná délka Lcr	19,200	3,200	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	1557,39	15058,86	kN
Štíhlost Lambda	133,54	42,95	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	1,42	0,46	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0,34	0,49	
Redukční součinitel Chi	0,37	0,87	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	1173,19	2728,83	kN

#### Posudek rovinného vzpěru

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*

Průřezová plocha A	1,3400e-02	m^2
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	1173,19	kN
Jedn. posudek	0,14	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Tabulka hodnot		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
Vzpěrná délka pro prostorový vzpěr	3.200	m
Ncr,T	17991.73	kN
Ncr,TF	1557.39	kN
Relativní štíhlost Lambda,T	1.42	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	
Vzpěr. křivka	c	
Imperfekce Alfa	0.49	
A	1.3400e-02	m^2
Redukční součinitel Chi	0.34	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	1074.43	kN
Jedn. posudek	0.16	-

#### Posudek klopení

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. a vzorce (6.54)

Parametry klopení		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *St</i>		
Metoda pro křivku klopení	Art. 6.3.2.2.	
Wy	1.8500e-03	m^3
Pružný kritický moment M <sub>cr</sub>	3561.02	kNm
Relativní štíhlost Lambda,LT	0.35	
Mezní štíhlost Lambda,LT,0	0.40	

Parametry M <sub>cr</sub>		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská</i>		
Délka klopení	3.200	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.34	
C2	0.00	
C3	1.00	

Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

#### Posudek na tlak s ohybem

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)  
 Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Students</i>		
k <sub>yy</sub>	1.003	
k <sub>yz</sub>	0.245	
k <sub>zy</sub>	0.602	
k <sub>zz</sub>	0.408	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	1.3400e-02	m^2
Wy	1.8500e-03	m^3
Wz	7.5417e-04	m^3
NRk	3149.00	kN
My,Rk	434.75	kNm
Mz,Rk	177.23	kNm
My,Ed	287.69	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 2		
Psi y	0.000	
Psi z	-0.076	
C <sub>my</sub>	0.900	
C <sub>mz</sub>	0.400	
C <sub>mLT</sub>	0.791	

Jedn. posudek (6.61) = 0.14 + 0.66 + 0.00 = 0.81  
 Jedn. posudek (6.62) = 0.16 + 0.40 + 0.00 = 0.56

#### Posudek boulení

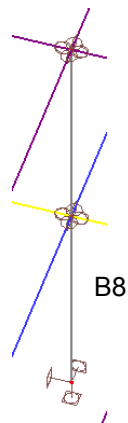
v poli vzpěru 1

Podle článku EN 1993-1-5 : 5. & 7.1. a vzorce (5.10) & (7.1)

Tabulka hodnot	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>	
hw/t	31.263

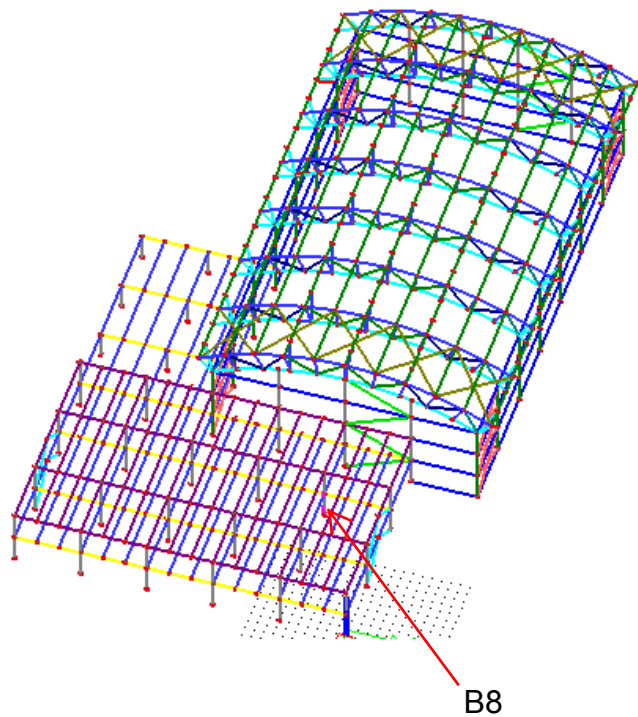
Štíhlost stojiny je taková, že není potřeba posudek ztráty stability smykem.

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.



#### 4.7 Sloup zázemí – HEA 240

- Ocelové sloupy zázemí jsou z válcovaných profilu HEA 240 o výšce 6,4 m (3,2 m) vyrobených z oceli typu S 235.
- Upevnění ocelového sloupu k základové konstrukci musí být provedeno tak, aby bylo dosaženo uložení typu vetknutí.
- Sloupy přenášející plné zatížení od stropní konstrukce zázemí
- Osově vzdálenosti sloupů jsou 7 a 8 m



<b>Prvek B8</b>	<b>6,400 m</b>	<b>HEA240</b>	<b>S 235</b>	<b>CO16</b>	<b>0,77 -</b>
-----------------	----------------	---------------	--------------	-------------	---------------

<b>Dílič souč. spolehlivosti</b>	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

<b>Materiál</b>		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

**Kritický posudek v místě 0.000 m**

<b>Vnitřní síly</b>	<b>Vypočtené</b>	<b>Jednotka</b>
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
N,Ed	-568,48	kN
Vy,Ed	3,63	kN
Vz,Ed	-5,73	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	22,81	kNm
Mz,Ed	-11,65	kNm

#### **Klasifikace pro návrh průřezu**

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

#### **Klasifikace pro vnitřní tlačené části**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,87
Třída 1 limit	33,00
Třída 2 limit	38,00
Třída 3 limit	50,13

=> vnitřní tlačené části třída 1

#### **Klasifikace pro vnější pásnice**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	7,94
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	14,18

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

#### **Posudek na tlak**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	7,6800e-03	m <sup>2</sup>
Nc,Rd	1804,80	kN
Jedn. posudek	0,31	-

#### **Posudek ohybového momentu for My**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	7,4583e-04	m <sup>3</sup>
Mpl,y,Rd	175,27	kNm
Jedn. posudek	0,13	-

#### **Posudek ohybového momentu for Mz**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	3,5167e-04	m <sup>3</sup>
Mpl,z,Rd	82,64	kNm
Jedn. posudek	0,14	-

#### **Posudek smyku pro Vy**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	5,9737e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,y,Rd	810,50	kN
Jedn. posudek	0,00	-

#### **Posudek smyku pro Vz**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	2,5140e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,z,Rd	341,09	kN
Jedn. posudek	0,02	-



**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

#### Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 9,1.2.6 a rovnice (6.41)

MN <sub>y,Rd</sub>	137,22	kNm
Alfa	2,00	
MN <sub>z,Rd</sub>	82,19	kNm
Beta	1,57	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,03 + 0,05 = 0,07 -

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

.....:POSUDEK STABILITY:....

#### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

#### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,87
Třída 1 limit	33,00
Třída 2 limit	38,00
Třída 3 limit	50,13

=> vnitřní tlačené části třída 1

#### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	7,94
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	14,18

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Typ posuvných styčníků	neposuvné	neposuvné	
Systémová délka L	6,4	6,4	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka L <sub>cr</sub>	3,200	3,200	m
Kritické Eulerovo zatížení N <sub>cr</sub>	15706,55	5606,59	kN
Štíhlost Lambda	31,83	53,28	
Poměrná štíhlost Lambda <sub>rel</sub>	0,34	0,57	
Mezní štíhlost Lambda <sub>rel,0</sub>	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce Alfa	0,34	0,49	
Redukční součinitel Chi	0,95	0,80	
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	1713,89	1452,06	kN

Posudek rovinného vzpěru		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
Průřezová plocha A	7,6800e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	1452,06	kN
Jedn. posudek	0,39	-

#### Posudek klopení

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. a vzorce (6.54)

Parametry klopení		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
Metoda pro křivku klopení	Art. 6.3.2.2.	
W <sub>y</sub>	7,4583e-04	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment M <sub>cr</sub>	1180,53	kNm
Relativní štíhlost Lambda <sub>LT</sub>	0,39	
Mezní štíhlost Lambda <sub>LT,0</sub>	0,40	

Parametry M <sub>cr</sub>		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
Délka klopení	3,200	m
k	1,00	
kw	1,00	
C1	1,58	
C2	0,00	
C3	1,00	

Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

#### Posudek na tlak s ohybem

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Students</i>		
kyy	0.941	
kyz	0.436	
kzy	0.565	
kzz	0.727	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	7.6800e-03	m^2
Wy	7.4583e-04	m^3
Wz	3.5167e-04	m^3
NRk	1804.80	kN
My,Rk	175.27	kNm
Mz,Rk	82.64	kNm
My,Ed	22.81	kNm
Mz,Ed	-11.65	kNm
Interakční metoda 2		
Psi y	0.197	
Psi z	0.002	
Cmy	0.900	
Cmz	0.601	
CmLT	0.679	

Jedn. posudek (6.61) = 0.33 + 0.12 + 0.06 = 0.52

Jedn. posudek (6.62) = 0.59 + 0.07 + 0.10 = 0.77

#### Posudek boulení

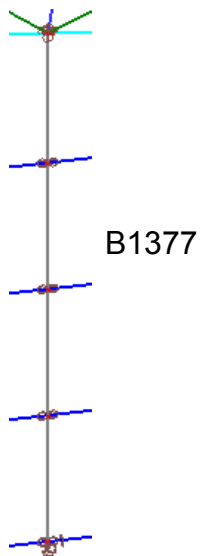
v poli vzpěru 1

Podle článku EN 1993-1-5 : 5. & 7.1. a vzorce (5.10) & (7.1)

Tabulka hodnot	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Stuc</i>	
hw/t	27.467

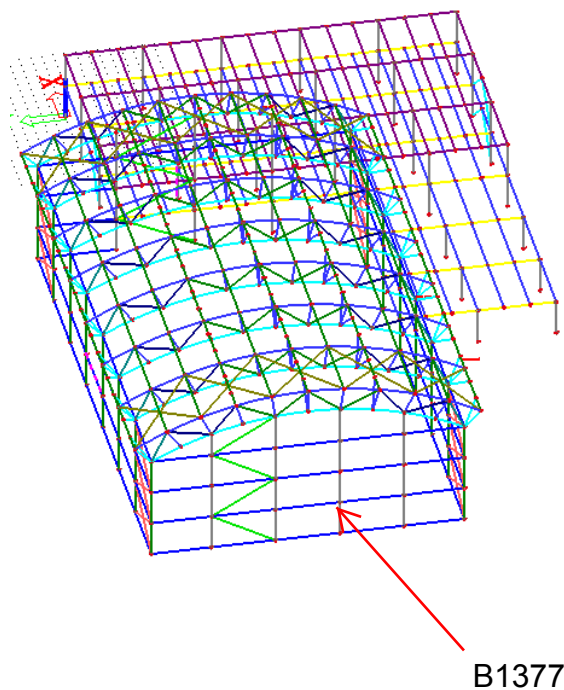
Štíhlost stojiny je taková, že není potřeba posudek ztráty stability smykem.

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.



#### 4.8 Sloup štít. st.-HEA 240

- ve štítových stěnách víceúčelové sportovní haly jsou umístěny sloupy štítové stěny
- sloupy mají profil HEA 240
- výšku sloupu je proměnná v závislosti na výšce obloukového příhradového vazníku v daném místě
- vzpěrná délka - směr y -  $0,9 \cdot \text{délka sloupu}$  - 11,61 m - pro B1377
  - směr z - vzdálenost paždíků - 3,2 m



Prvek B1377	12,9 m	HEA240	S 235	CO8	0,76 -
-------------	--------	--------	-------	-----	--------

Díličí souč. spolehlivosti	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

Kritický posudek v místě 3.200 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
N,Ed	-33,99	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	-41,61	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	-132,82	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

#### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,87
Třída 1 limit	63,21
Třída 2 limit	72,79
Třída 3 limit	116,61

=> vnitřní tlačené části třída 1

#### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	7,94
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	13,78

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

#### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	7,6800e-03	m^2
Nc,Rd	1804,80	kN
Jedn. posudek	0,02	-

#### Posudek ohybového momentu for My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	7,4583e-04	m^3
Mpl,y,Rd	175,27	kNm
Jedn. posudek	0,76	-

#### Posudek ohybového momentu for Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	3,5167e-04	m^3
Mpl,z,Rd	82,64	kNm
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek smyku pro Vy

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	5,9737e-03	m^2
Vpl,y,Rd	810,50	kN
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek smyku pro Vz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	2,5140e-03	m^2
Vpl,z,Rd	341,09	kN
Jedn. posudek	0,12	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

#### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 9,1.2.6 a rovnice (6.41)

Mpl,y,Rd	175,27	kNm
Alfa	2,00	
Mpl,z,Rd	82,64	kNm
Beta	1,00	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,57 + 0,00 = 0,58 -

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy z-z se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

#### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

#### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,87
Třída 1 limit	33,00
Třída 2 limit	38,00
Třída 3 limit	44,37

=> vnitřní tlačené části třída 1

#### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	7,94
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	13,89

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *			
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	12,9	3,2	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka Lcr	11,6	3,20	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	15706,55	5606,5	kN
Štíhlost Lambda	31,83	53,28	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	0,34	0,57	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	

**Poznámka:** Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky prostorového vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

#### Posudek klopení

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. a vzorce (6.54)

Parametry klopení		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *		
Metoda pro křivku klopení	Art. 6.3.2.2.	
Wy	7.4583e-04	m^3
Pružný kritický moment Mcr	1327.91	kNm
Relativní štíhlost Lambda,LT	0.36	
Mezní štíhlost Lambda,LT,0	0.40	

Parametry Mcr		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
Délka klopení	3.200	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.77	
C2	0.00	
C3	1.00	

Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

#### Posudek na tlak s ohybem

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
kyy	0.902	
kyy	0.465	
kyy	0.541	

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Students</i>		
kZZ	0.775	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	7.6800e-03	m^2
Wy	7.4583e-04	m^3
Wz	3.5167e-04	m^3
NRk	1804.80	kN
My,Rk	175.27	kNm
Mz,Rk	82.64	kNm
My,Ed	-132.82	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 2		
Psi y	-0.003	
Psi z	-0.455	
Cmy	0.900	
Cmz	0.767	
CmLT	0.599	

Jedn. posudek (6.61) = 0.02 + 0.68 + 0.00 = 0.70

Jedn. posudek (6.62) = 0.02 + 0.41 + 0.00 = 0.43

#### Posudek boulení

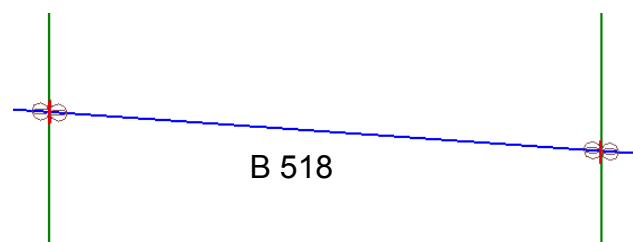
v poli vzpěru 1

Podle článku EN 1993-1-5 : 5. & 7.1. a vzorce (5.10) & (7.1)

Tabulka hodnot	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Stuc</i>	
hw/t	27.467

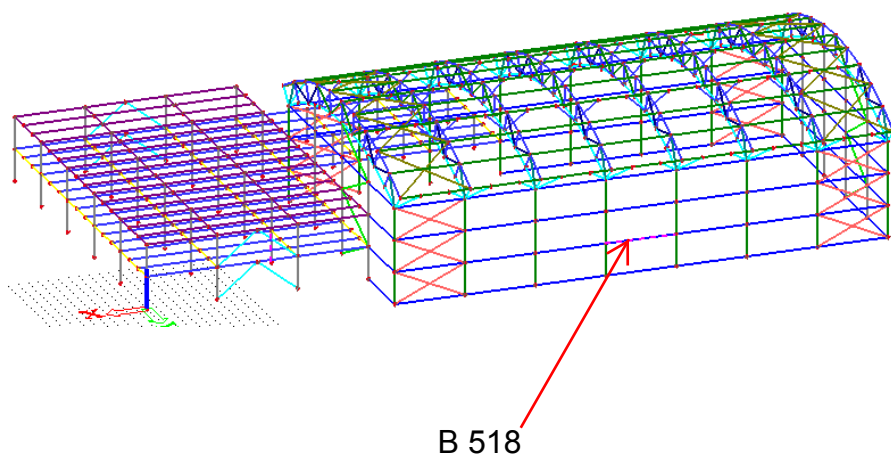
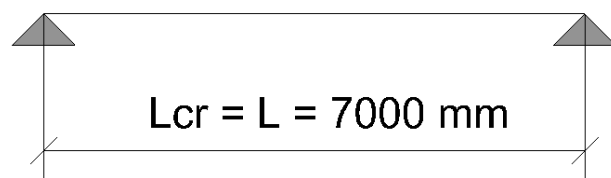
Štíhlost stojiny je taková, že není potřeba posudek ztráty stability smykem.

Prvek splňuje podmínky stabiálního posudku.



#### 4.9 Nosník obvodového pláště – IPE 240

- Nosníky obvodového pláště jsou tvořeny profily IPE 240
- Osová vzdálenost nosníků ve svislém směru je 3,2 metru
- Slouží ke ztužení objektu a kotvení obvodového pláště
- Styl uložení – prostý nosník
- Vzpěrná délka - 7 metrů



Prvek B518	7,000 m	IPE240	S 235	CO4	0,90 -
------------	---------	--------	-------	-----	--------

Dílič souč. spolehlivosti	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
Mez kluzu $f_y$	235,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

Kritický posudek v místě 3.500 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu</i>		
N,Ed	-9,29	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	0,00	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	14,98	kNm
Mz,Ed	-6,46	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

#### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	30,71
Třída 1 limit	69,26
Třída 2 limit	79,75
Třída 3 limit	110,46

=> vnitřní tlačené části třída 1

#### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	4,28
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	15,07

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

#### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	3,9100e-03	m <sup>2</sup>
Nc,Rd	918,85	kN
Jedn. posudek	0,01	-

#### Posudek ohybového momentu for My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	3,6700e-04	m <sup>3</sup>
Mpl,y,Rd	86,25	kNm
Jedn. posudek	0,17	-

#### Posudek ohybového momentu for Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	7,3900e-05	m <sup>3</sup>
Mpl,z,Rd	17,37	kNm
Jedn. posudek	0,37	-

#### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,0	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

#### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 9.1.2.6 a rovnice (6.41)

Mpl,y,Rd	86,25	kNm
Alfa	2,00	
Mpl,z,Rd	17,37	kNm
Beta	1,00	



**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy z-z se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

**Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr**

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

**Klasifikace pro vnitřní tlačené části**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	30,71
Třída 1 limit	33,00
Třída 2 limit	38,00
Třída 3 limit	42,00

=> vnitřní tlačené části třída 1

**Klasifikace pro vnější pásnice**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	4,28
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	14,00

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	7,000	7,000	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka L <sub>cr</sub>	7,000	7,000	m
Kritické Eulerovo zatížení N <sub>cr</sub>	1646,25	120,13	kN
Štíhlost Lambda	70,16	259,73	
Poměrná štíhlost Lambda <sub>rel</sub>	0,75	2,77	
Mezní štíhlost Lambda <sub>rel,0</sub>	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	b	
Imperfekce Alfa	0,21	0,34	
Redukční součinitel Chi	0,82	0,12	
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	757,60	106,40	kN

**Varování:** Štíhlost 259,73 je větší než mezní hodnota 200,00!

Posudek rovinného vzpěru		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *		
Průřezová plocha A	3,9100e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	106,40	kN
Jedn. posudek	0,09	-

**Posudek klopení**

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. a vzorce (6.54)

Parametry klopení		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Si		
Metoda pro křivku klopení	Art. 6.3.2.2.	
Wy	3.6700e-04	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment M <sub>cr</sub>	42.79	kNm
Relativní štíhlost Lambda <sub>LT</sub>	1.42	
Mezní štíhlost Lambda <sub>LT,0</sub>	0.40	
Křivka klopení	a	
Imperfekce Alfa <sub>LT</sub>	0.21	
Redukční součinitel Chi <sub>LT</sub>	0.41	
Únosnost na vzpěr M <sub>b,Rd</sub>	35.22	kNm
Jedn. posudek	0.43	-

Parametry M <sub>cr</sub>		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská		
Délka klopení	7.000	m
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

Pozn.: Parametry C podle ECCS 119 2006 / Galea 2002 zatížení v těžišti

**Posudek na tlak s ohybem**

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská		
kyy	0.906	
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská		

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze' *Studentská verze' *Studentská verze' *Students</i>		
k <sub>yz</sub>	0.640	
k <sub>zy</sub>	0.988	
k <sub>zz</sub>	1.066	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	3.9100e-03	m <sup>2</sup>
Wy	3.6700e-04	m <sup>3</sup>
Wz	7.3900e-05	m <sup>3</sup>
NRk	918.85	kN
My,Rk	86.25	kNm
Mz,Rk	17.37	kNm
My,Ed	14.98	kNm
Mz,Ed	-6.46	kNm
Interakční metoda 2		
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
C <sub>my</sub>	0.900	
C <sub>mz</sub>	0.950	
C <sub>mLT</sub>	0.950	

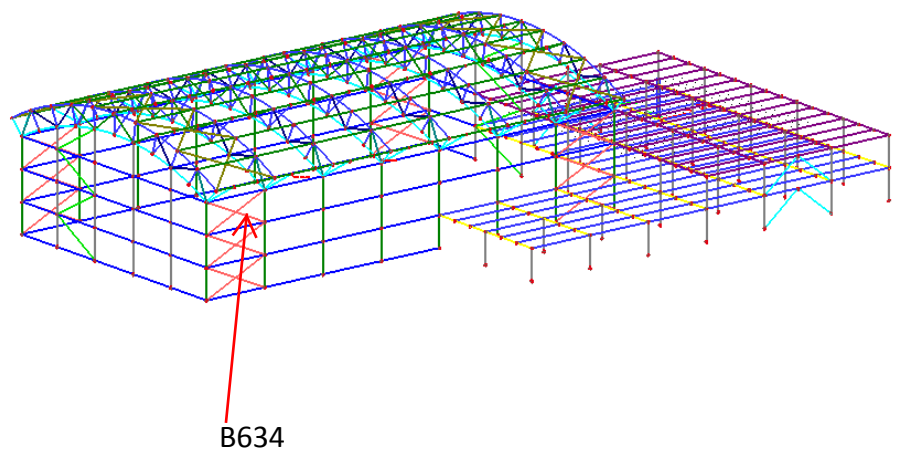
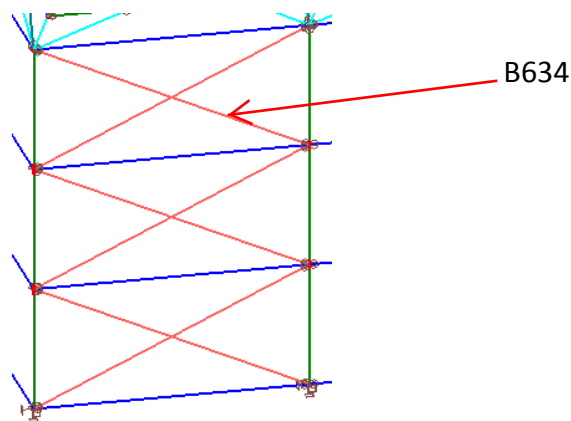
Jedn. posudek (6.61) = 0.01 + 0.39 + 0.24 = 0.64

Jedn. posudek (6.62) = 0.09 + 0.42 + 0.40 = 0.90

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### 4.10 Stěnové ztužidlo -TR 82,5x7,0

- ztužidla zajišťují tuhost haly v podélném směr
- jsou umístěna mezi nosnými sloupy v obvodovém plášti na obou strách symetricky
- křížová ztužidla z TR 82,5 x 7 z oceli S 235
- umístění viz výkresová dokumentace
- vzpěrné délký -  $L_{cr,z} - L / 2 = 7697 / 2 = 3849 \text{ mm}$   
 $L_{cr,y} - 3849.0,9 = 3849.0,9 = 3464 \text{ mm}$



Prvek B 6 3 4	7,697 m	Trubka (83; 7)	S 235	CO4	0,71 -
Díleč souč. spolehlivosti					
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská ve					
Gamma M0	pro	únosnost průřezu			1,00
Gamma M1	pro	únosnost na nestabilitu			1,00
Gamma M2	pro	únosnost čistého průřezu			1,25

Materiál		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

**Varování:** Redukce pevnosti ve funkci tloušťky není pro tento typ průřezu povolena.

....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

**Kritický posudek v místě 7.697 m**

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Stu		
N,Ed	-53,38	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	-0,60	kN
T,Ed	0,08	kNm
My,Ed	0,00	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

**Klasifikace pro návrh průřezu**

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

**Varování:** Klasifikace není pro tento typ průřezu podporována.

Průřez se posoudí jako pružný, třída 3.

**Posudek na tlak**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,6603e-03	m <sup>2</sup>
Nc,Rd	390,18	kN
Jedn. posudek	0,14	-

**Posudek smyku pro Vz**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.19)

Tau,Vz,Ed	0,7	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

**Poznámka:** Pro daný průřez/způsob výroby není zadána žádná smyková plocha, proto nelze určit plastickou smykovou únosnost. Jako výsledek se posuzuje pružná smykova

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	1,4	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

**Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(5) a rovnice (6.1)

Elastický posudek		
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
Vlákn	6	
Sigma,N,Ed	32,1	MPa
Sigma,My,Ed	0,0	MPa
Sigma,Mz,Ed	0,0	MPa
Sigma,tot,Ed	32,1	MPa
Tau,Vy,Ed	0,0	MPa
Tau,Vz,Ed	0,7	MPa
Tau,t,Ed	1,4	MPa
Tau,tot,Ed	2,1	MPa
Sigma,von Mises,Ed	32,4	MPa
Jedn. posudek	0,14	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	7,697	7,697	m
Součinitel vzpěru k	0,50	0,50	
Vzpěrná délka Lcr	3,848	3,848	m

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Parametry vzpěru	yy	zz	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	166,99	166,99	kN
Štíhlost Lambda	143,57	143,57	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	1,53	1,53	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	d	d	
Imperfekce Alfa	0,76	0,76	
Redukční součinitel Chi	0,27	0,27	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	104,93	104,93	kN

Posudek rovinného vzpěru		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i>		
Průřezová plocha A	1,6603e-03	m^2
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	104,93	kN
Jedn. posudek	0,51	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
Vzpěrná délka pro prostorový vzpěr	7.697	m
Ncr,T	131042.75	kN
Ncr,TF	166.99	kN
Relativní štíhlost Lambda,T	1.53	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	
Vzpěr. křivka	d	
Imperfekce Alfa	0.76	
A	1.6603e-03	m^2
Redukční součinitel Chi	0.27	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	104.95	kN
Jedn. posudek	0.51	-

#### Posudek na tlak s ohybem

Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
kyy	1.175	
kyz	1.305	
kzy	0.964	
kzz	1.305	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	1.6603e-03	m^2
Wy	2.8926e-05	m^3
Wz	2.8926e-05	m^3
NRk	390.18	kN
My,Rk	6.80	kNm
Mz,Rk	6.80	kNm
My,Ed	1.16	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 2		
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
Cmy	0.900	
Cmz	1.000	
CmLT	0.950	

Jedn. posudek (6.61) = 0.51 + 0.20 + 0.00 = 0.71

Jedn. posudek (6.62) = 0.51 + 0.16 + 0.00 = 0.67

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

## 5 Posouzení jednotlivých prvků konstrukce

sloup zázemí - HEA240

sloup hala - HEA340

vaznice hala - HEA220

ztuzidlo stena TR - Trubka (82,5;7)

dolní pás příhradovina - HEA200

horní pás příhradovina - HEA240

ztuzidlo střecha - Trubka (140;10)

vzpěra vazník - Trubka (82,5;7)

příhrada diagonály TR 2 - Trubka (82,5;7)

ztužení čelní stěny h. TR - Trubka (150;12)

ztužení zázemí TR2 - Trubka (100;8)

příhrada kolme prvky TR 4 - Trubka (82,5;7)

příhrada diagonály TR 1 - Trubka (160;8)

příhrada diagonály TR 3 - Trubka (114;8)

pazdik IPE - IPE240

sloup štítová stěna - HEA240

Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*							
CO17/13	B477	pazdik IPE - IPE240	S 235	5,923	0,79	0,14	0,79
CO5/3	B480	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,58	0,20	0,58
CO5/3	B481	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,65	0,26	0,65
CO2/12	B482	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,56	0,26	0,56
CO4/6	B483	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,68	0,27	0,68
CO6/17	B497	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,71	0,28	0,71
CO6/17	B498	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,71	0,30	0,71
CO7/15	B500	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,70	0,34	0,70
CO5/3	B501	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,69	0,27	0,69
CO2/12	B502	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,59	0,26	0,59
CO4/6	B503	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,59	0,26	0,59
CO4/6	B504	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,59	0,26	0,59
CO4/6	B505	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,59	0,26	0,59
CO3/9	B506	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,57	0,26	0,57
CO17/13	B507	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,73	0,27	0,73
CO4/6	B526	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,55	0,10	0,55
CO17/13	B532	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,45	0,07	0,45
CO17/13	B535	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,46	0,08	0,46
CO4/6	B634	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,71	0,14	0,71
CO5/3	B640	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,43	0,07	0,43
CO5/3	B643	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,55	0,10	0,55
CO5/3	B646	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,38	0,06	0,38
CO17/13	B647	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,35	0,05	0,35
CO4/6	B672	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,61	0,42	0,61
CO3/9	B673	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,52	0,26	0,52
CO2/12	B675	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,39	0,16	0,39
CO4/6	B676	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,19	0,06	0,19
CO4/6	B677	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,76	0,57	0,76
CO16/4	B678	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,70	0,26	0,70
CO16/4	B679	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,77	0,21	0,77
CO15/18	B680	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,64	0,19	0,64
CO15/18	B683	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,45	0,18	0,45
CO15/18	B684	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,71	0,39	0,71
CO15/18	B685	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,80	0,47	0,80
CO15/18	B687	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,71	0,39	0,71
CO2/12	B688	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,43	0,16	0,43
CO6/17	B689	sloup hala - HEA340	S 235	6,400	0,20	0,03	0,20
CO16/4	B769	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,08	0,03	0,08
CO15/18	B770	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,08	0,02	0,08
CO16/4	B798	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	21,616	0,37	0,30	0,37
CO2/12	B799	Homí pás příhradovina1 - HEA240	S 235	19,399	0,25	0,25	0,15
CO16/4	B979	vaznice hala - HEA220	S 235	4,911	0,30	0,30	0,00
CO7/15	B980	vaznice hala - HEA220	S 235	4,911	0,59	0,35	0,59
CO5/3	B981	vaznice hala - HEA220	S 235	4,911	0,83	0,20	0,83
CO5/3	B982	vaznice hala - HEA220	S 235	3,218	0,43	0,14	0,43

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*							
CO5/3	B983	vaznice hala - HEA220	S 235	2,089	0,85	0,20	0,85
CO7/15	B984	vaznice hala - HEA220	S 235	2,089	0,59	0,36	0,59
CO16/4	B985	vaznice hala - HEA220	S 235	4,911	0,31	0,23	0,31
CO16/4	B986	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,84	0,46	0,84
CO16/4	B987	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,84	0,46	0,84
CO16/4	B988	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,84	0,46	0,84
CO16/4	B989	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,84	0,46	0,84
CO16/4	B990	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,84	0,46	0,84
CO16/4	B991	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,84	0,46	0,84
CO16/4	B992	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,84	0,46	0,84
CO16/4	B993	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,87	0,39	0,87
CO16/4	B994	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,88	0,56	0,88
CO16/4	B995	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,88	0,56	0,88
CO16/4	B996	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,88	0,56	0,88
CO16/4	B997	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,88	0,56	0,88
CO16/4	B998	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,88	0,56	0,88
CO16/4	B999	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,87	0,56	0,87
CO16/4	B1000	vaznice hala - HEA220	S 235	2,089	0,64	0,30	0,64
CO16/4	B1001	vaznice hala - HEA220	S 235	3,218	0,31	0,27	0,31
CO16/4	B1002	vaznice hala - HEA220	S 235	3,218	0,33	0,27	0,33
CO16/4	B1003	vaznice hala - HEA220	S 235	3,782	0,30	0,27	0,30
CO16/4	B1004	vaznice hala - HEA220	S 235	3,782	0,33	0,27	0,33
CO16/4	B1005	vaznice hala - HEA220	S 235	3,782	0,33	0,28	0,33
CO16/4	B1006	vaznice hala - HEA220	S 235	4,911	0,73	0,38	0,73
CO2/12	B1007	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,50	0,31	0,50
CO2/12	B1008	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,56	0,31	0,56
CO2/12	B1009	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,56	0,31	0,56
CO3/9	B1010	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,56	0,31	0,56
CO3/9	B1011	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,56	0,31	0,56
CO3/9	B1012	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,56	0,31	0,56
CO3/9	B1013	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,50	0,31	0,50
CO16/4	B1014	vaznice hala - HEA220	S 235	2,653	0,30	0,23	0,30
CO3/9	B1015	vaznice hala - HEA220	S 235	2,653	0,12	0,11	0,12
CO2/12	B1016	vaznice hala - HEA220	S 235	3,218	0,04	0,03	0,04
CO3/9	B1017	vaznice hala - HEA220	S 235	2,089	0,03	0,03	0,03
CO2/12	B1018	vaznice hala - HEA220	S 235	2,089	0,04	0,03	0,04
CO2/12	B1019	vaznice hala - HEA220	S 235	4,347	0,11	0,11	0,11
CO16/4	B1020	vaznice hala - HEA220	S 235	4,911	0,33	0,23	0,33
CO2/12	B1021	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,42	0,23	0,42
CO2/12	B1022	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,49	0,23	0,49
CO2/12	B1023	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,48	0,23	0,48
CO3/9	B1024	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,48	0,23	0,48
CO3/9	B1025	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,48	0,23	0,48
CO3/9	B1026	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,49	0,23	0,49
CO3/9	B1027	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,42	0,23	0,42
CO15/18	B1035	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,74	0,42	0,74
CO15/18	B1036	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,75	0,42	0,75
CO15/18	B1037	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,75	0,42	0,75
CO15/18	B1038	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,75	0,42	0,75
CO15/18	B1039	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,75	0,42	0,75
CO15/18	B1040	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,75	0,42	0,75
CO15/18	B1041	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,74	0,42	0,74
CO15/18	B1042	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,69	0,37	0,69
CO15/18	B1043	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,69	0,37	0,69
CO15/18	B1044	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,69	0,37	0,69
CO15/18	B1045	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,69	0,37	0,69
CO15/18	B1046	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,69	0,37	0,69
CO15/18	B1047	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,69	0,37	0,69
CO15/18	B1048	vaznice hala - HEA220	S 235	3,500	0,69	0,37	0,69
CO15/18	B1049	vaznice hala - HEA220	S 235	2,089	0,31	0,23	0,31
CO6/17	B1050	vaznice hala - HEA220	S 235	4,911	0,59	0,40	0,59
CO4/6	B1051	vaznice hala - HEA220	S 235	4,911	0,89	0,22	0,89
CO4/6	B1052	vaznice hala - HEA220	S 235	3,218	0,50	0,13	0,50
CO4/6	B1053	vaznice hala - HEA220	S 235	2,089	0,59	0,24	0,59
CO6/17	B1054	vaznice hala - HEA220	S 235	2,089	0,72	0,39	0,72
CO15/18	B1055	vaznice hala - HEA220	S 235	4,911	0,30	0,21	0,30
CO15/18	B1058	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	0,000	0,56	0,12	0,56
CO7/15	B1059	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	0,000	0,28	0,02	0,28
CO4/6	B1060	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	9,522	0,37	0,04	0,37
CO5/3	B1061	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	8,962	0,33	0,06	0,33
CO6/17	B1062	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	9,522	0,36	0,03	0,36
CO16/4	B1063	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	9,522	0,58	0,13	0,58

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*							
CO6/17	B1064	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	9,522	0,31	0,04	0,31
CO16/4	B1065	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	0,000	0,69	0,14	0,69
CO6/17	B1066	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	9,522	0,40	0,04	0,40
CO16/4	B1067	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	9,522	0,59	0,13	0,59
CO6/17	B1068	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	9,522	0,24	0,02	0,24
CO16/4	B1069	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	9,522	0,72	0,14	0,72
CO16/4	B1070	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	4,761	0,26	0,26	0,00
CO5/3	B1071	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	8,962	0,36	0,07	0,36
CO15/18	B1072	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	0,000	0,62	0,14	0,62
CO7/15	B1073	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	0,000	0,25	0,02	0,25
CO15/18	B1074	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	4,761	0,26	0,26	0,00
CO15/18	B1075	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	9,522	0,78	0,15	0,78
CO2/12	B1083	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,40	0,23	0,40
CO9/5	B1084	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,14	0,14	0,00
CO15/18	B1085	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,16	0,09	0,16
CO9/5	B1086	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,15	0,15	0,00
CO2/12	B1087	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,11	0,06	0,11
CO2/12	B1088	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,13	0,07	0,13
CO5/3	B1089	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	2,088	0,17	0,10	0,17
CO16/4	B1090	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,20	0,11	0,20
CO9/5	B1091	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,07	0,07	0,00
CO15/18	B1092	příhrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	0,000	0,17	0,14	0,17
CO2/12	B1093	příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,19	0,19	0,00
CO2/12	B1094	příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	1,730	0,17	0,17	0,12
CO6/17	B1095	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,851	0,44	0,11	0,44
CO7/15	B1096	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,20	0,06	0,20
CO16/4	B1097	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	1,831	0,20	0,20	0,00
CO7/15	B1098	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,13	0,02	0,13
CO2/12	B1099	příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	1,731	0,18	0,18	0,13
CO2/12	B1100	příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,19	0,19	0,00
CO16/4	B1101	příhrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	3,242	0,20	0,17	0,20
CO16/4	B1102	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,11	0,06	0,11
CO15/18	B1103	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,11	0,07	0,11
CO16/4	B1104	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	13,097	0,46	0,46	0,00
CO16/4	B1105	Horní pás příhradovina1 - HEA240	S 235	17,782	0,81	0,42	0,81
CO2/12	B1106	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	2,089	0,18	0,18	0,00
CO16/4	B1107	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,05	0,05	0,00
CO6/17	B1108	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,11	0,06	0,11
CO15/18	B1109	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,26	0,26	0,00
CO16/4	B1110	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,09	0,09	0,00
CO16/4	B1111	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,08	0,08	0,00
CO16/4	B1112	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,32	0,32	0,00
CO5/3	B1113	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,06
CO15/18	B1114	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,05	0,05	0,00
CO15/18	B1115	příhrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	0,000	0,54	0,38	0,54
CO15/18	B1116	příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,50	0,50	0,00
CO15/18	B1117	příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	0,000	0,58	0,29	0,58
CO6/17	B1118	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,851	0,36	0,09	0,36
CO16/4	B1119	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,43	0,15	0,43
CO1/14	B1120	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,662	0,21	0,08	0,21
CO7/15	B1121	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,35	0,08	0,35
CO16/4	B1122	příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	3,461	0,62	0,31	0,62
CO16/4	B1123	příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,57	0,57	0,00
CO16/4	B1124	příhrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	3,242	0,63	0,44	0,63
CO15/18	B1125	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,10	0,10	0,07
CO16/4	B1126	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,12	0,12	0,07
CO3/9	B1127	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	13,097	0,58	0,58	0,00
CO16/4	B1128	Horní pás příhradovina1 - HEA240	S 235	17,782	0,63	0,42	0,63
CO3/9	B1129	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	2,089	0,24	0,24	0,00
CO15/18	B1130	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,00
CO6/17	B1131	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,06
CO15/18	B1132	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,24	0,24	0,00
CO15/18	B1133	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,10	0,10	0,00
CO16/4	B1134	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,08	0,08	0,00
CO16/4	B1135	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,28	0,28	0,00
CO5/3	B1136	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,11	0,06	0,11
CO16/4	B1137	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,00
CO15/18	B1138	příhrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	0,000	0,61	0,41	0,61
CO15/18	B1139	příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,56	0,56	0,00
CO3/9	B1140	příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	0,000	0,68	0,31	0,68
CO6/17	B1141	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,851	0,45	0,11	0,45
CO16/4	B1142	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,54	0,14	0,54

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*



Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *St							
CO4/6	B1143	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,662	0,27	0,07	0,27
CO7/15	B1144	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,41	0,10	0,41
CO15/18	B1145	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	3,461	0,71	0,33	0,71
CO16/4	B1146	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,62	0,62	0,00
CO16/4	B1147	Příhrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	3,242	0,69	0,46	0,69
CO15/18	B1148	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,11	0,11	0,07
CO16/4	B1149	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,12	0,12	0,07
CO2/12	B1150	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	13,097	0,58	0,58	0,00
CO16/4	B1151	Homí pás příhradovina1 - HEA240	S 235	17,782	0,64	0,43	0,64
CO3/9	B1152	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	2,089	0,24	0,24	0,00
CO15/18	B1153	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,00
CO6/17	B1154	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,06	0,05	0,06
CO15/18	B1155	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,27	0,27	0,00
CO15/18	B1156	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,10	0,10	0,00
CO16/4	B1157	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,08	0,08	0,00
CO16/4	B1158	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,32	0,32	0,00
CO5/3	B1159	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,06	0,06	0,06
CO16/4	B1160	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,00
CO15/18	B1161	Příhrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	0,000	0,62	0,42	0,62
CO15/18	B1162	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,57	0,57	0,00
CO2/12	B1163	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	0,000	0,68	0,31	0,68
CO6/17	B1164	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,851	0,57	0,14	0,57
CO16/4	B1165	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,58	0,15	0,58
CO4/6	B1166	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,662	0,35	0,09	0,35
CO7/15	B1167	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,50	0,12	0,50
CO2/12	B1168	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	3,461	0,70	0,32	0,70
CO16/4	B1169	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,63	0,63	0,00
CO16/4	B1170	Příhrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	3,242	0,70	0,47	0,70
CO15/18	B1171	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,11	0,11	0,07
CO16/4	B1172	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,12	0,12	0,07
CO2/12	B1173	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	13,097	0,59	0,59	0,00
CO16/4	B1174	Homí pás příhradovina1 - HEA240	S 235	21,015	0,64	0,43	0,64
CO2/12	B1175	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	2,089	0,24	0,24	0,00
CO15/18	B1176	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,00
CO6/17	B1177	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,06
CO15/18	B1178	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,28	0,28	0,00
CO15/18	B1179	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,10	0,10	0,00
CO16/4	B1180	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,09	0,09	0,00
CO16/4	B1181	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,32	0,32	0,00
CO5/3	B1182	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,06
CO16/4	B1183	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,00
CO15/18	B1184	Příhrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	0,000	0,62	0,42	0,62
CO15/18	B1185	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,57	0,57	0,00
CO3/9	B1186	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	0,000	0,68	0,31	0,68
CO6/17	B1187	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,851	0,59	0,14	0,59
CO16/4	B1188	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,58	0,15	0,58
CO4/6	B1189	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,662	0,35	0,09	0,35
CO7/15	B1190	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,51	0,12	0,51
CO15/18	B1191	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	3,461	0,70	0,32	0,70
CO16/4	B1192	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,63	0,63	0,00
CO16/4	B1193	Příhrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	3,242	0,70	0,47	0,70
CO15/18	B1194	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,10	0,10	0,07
CO16/4	B1195	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,12	0,12	0,07
CO2/12	B1196	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	13,097	0,58	0,58	0,00
CO16/4	B1197	Homí pás příhradovina1 - HEA240	S 235	21,015	0,63	0,42	0,63
CO3/9	B1198	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	2,089	0,24	0,24	0,00
CO15/18	B1199	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,00
CO6/17	B1200	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,07	0,07	0,06
CO15/18	B1201	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,23	0,23	0,00
CO15/18	B1202	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,10	0,10	0,00
CO16/4	B1203	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,08	0,08	0,00
CO16/4	B1204	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,28	0,28	0,00
CO5/3	B1205	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,11	0,07	0,11
CO16/4	B1206	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,00
CO15/18	B1207	Příhrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	0,000	0,61	0,41	0,61
CO15/18	B1208	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,55	0,55	0,00
CO2/12	B1209	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	0,000	0,68	0,32	0,68
CO6/17	B1210	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,851	0,45	0,11	0,45
CO16/4	B1211	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,53	0,14	0,53
CO1/14	B1212	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,662	0,27	0,07	0,27
CO7/15	B1213	příhrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,38	0,09	0,38
CO2/12	B1214	Příhrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	3,461	0,70	0,32	0,70

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*
CO16/4	B1215	Přihrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,62	0,62	0,00
CO16/4	B1216	Přihrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	3,242	0,69	0,46	0,69
CO16/4	B1217	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,11	0,07	0,11
CO15/18	B1218	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,12	0,07	0,12
CO16/4	B1219	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	13,097	0,46	0,46	0,00
CO16/4	B1220	Homí pás příhradovina1 - HEA240	S 235	17,782	0,84	0,42	0,84
CO3/9	B1221	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	2,089	0,18	0,18	0,00
CO16/4	B1222	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,05	0,05	0,00
CO6/17	B1223	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,05	0,05	0,05
CO15/18	B1224	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,29	0,29	0,00
CO15/18	B1225	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,10	0,10	0,00
CO16/4	B1226	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,08	0,08	0,00
CO16/4	B1227	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,34	0,34	0,00
CO5/3	B1228	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,06
CO15/18	B1229	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,06	0,06	0,00
CO15/18	B1230	Přihrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	0,000	0,54	0,39	0,54
CO15/18	B1231	Přihrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,52	0,52	0,00
CO15/18	B1232	Přihrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	0,000	0,60	0,33	0,60
CO6/17	B1233	přihrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,851	0,46	0,11	0,46
CO16/4	B1234	přihrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,41	0,15	0,41
CO1/14	B1235	přihrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,662	0,21	0,08	0,21
CO7/15	B1236	přihrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,39	0,09	0,39
CO16/4	B1237	Přihrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	3,461	0,63	0,33	0,63
CO16/4	B1238	Přihrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,58	0,58	0,00
CO16/4	B1239	Přihrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	3,242	0,63	0,44	0,63
CO8/16	B1240	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,19	0,19	0,17
CO8/16	B1241	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	2,089	0,19	0,19	0,17
CO6/17	B1242	Dolní pás příhradovina - HEA200	S 235	26,193	0,59	0,11	0,59
CO15/18	B1243	Homí pás příhradovina1 - HEA240	S 235	12,933	0,26	0,26	0,00
CO4/6	B1245	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,16	0,16	0,00
CO15/18	B1246	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,21	0,12	0,21
CO17/13	B1247	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,16	0,16	0,00
CO3/9	B1248	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,17	0,10	0,17
CO3/9	B1249	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,20	0,11	0,20
CO17/13	B1250	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,16	0,16	0,00
CO16/4	B1251	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,27	0,15	0,27
CO5/3	B1252	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,044	0,16	0,16	0,00
CO15/18	B1253	Přihrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	1,621	0,15	0,15	0,08
CO15/18	B1254	Přihrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	2,017	0,16	0,16	0,00
CO16/4	B1255	Přihrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	0,000	0,18	0,15	0,18
CO4/6	B1256	přihrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,851	0,24	0,06	0,24
CO16/4	B1257	přihrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,40	0,13	0,40
CO15/18	B1258	přihrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	3,662	0,37	0,24	0,37
CO4/6	B1259	přihrada diagonály TR 2 - Trubka	S 235	0,000	0,18	0,07	0,18
CO16/4	B1260	Přihrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	3,461	0,22	0,15	0,22
CO7/15	B1261	Přihrada diagonály TR 3 - Trubka	S 235	0,000	0,23	0,11	0,23
CO15/18	B1262	Přihrada diagonály TR 1 - Trubka	S 235	3,242	0,17	0,15	0,17
CO15/18	B1263	vaznice hala - HEA220	S 235	4,911	0,59	0,32	0,59
CO15/18	B1264	vaznice hala - HEA220	S 235	3,782	0,25	0,20	0,25
CO15/18	B1265	vaznice hala - HEA220	S 235	3,782	0,25	0,20	0,25
CO15/18	B1266	vaznice hala - HEA220	S 235	3,782	0,23	0,20	0,23
CO15/18	B1267	vaznice hala - HEA220	S 235	3,218	0,25	0,20	0,25
CO15/18	B1268	vaznice hala - HEA220	S 235	3,218	0,24	0,20	0,24
CO16/4	B1269	vaznice hala - HEA220	S 235	2,089	0,49	0,25	0,49
CO6/17	B1330	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,59	0,39	0,59
CO7/15	B1359	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,694	0,88	0,19	0,88
CO6/17	B1360	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,853	0,66	0,20	0,66
CO6/17	B1361	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,906	0,70	0,21	0,70
CO6/17	B1366	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,694	0,71	0,19	0,71
CO6/17	B1367	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,853	0,68	0,20	0,68
CO17/13	B1369	přihrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	2,089	0,05	0,05	0,00
CO17/13	B1370	mezisloupek - HEA240	S 235	3,286	0,47	0,39	0,47
CO17/13	B1371	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,50	0,39	0,50
CO17/13	B1374	mezisloupek - HEA240	S 235	3,286	0,45	0,39	0,45
CO17/13	B1375	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,48	0,39	0,48
CO5/3	B1378	mezisloupek - HEA240	S 235	2,177	0,53	0,25	0,53
CO4/6	B1379	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,41	0,18	0,41
CO4/6	B1382	mezisloupek - HEA240	S 235	2,177	0,42	0,25	0,42
CO4/6	B1383	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,44	0,28	0,44
CO3/9	B1386	mezisloupek - HEA240	S 235	3,425	0,59	0,29	0,59
CO3/9	B1387	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,62	0,17	0,62
CO18/1	B1390	mezisloupek - HEA240	S 235	2,606	0,42	0,34	0,42

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*							
CO5/3	B1397	pazník IPE - IPE240	S 235	3,500	0,59	0,23	0,59
CO6/17	B1398	ztužení čelní stěny haly TR - Trubka	S 235	6,584	0,20	0,05	0,20
CO7/15	B1399	ztužení čelní stěny haly TR - Trubka	S 235	6,541	0,49	0,12	0,49
CO4/6	B1402	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,81	0,66	0,81
CO18/1	B1403	mezisloupek - HEA240	S 235	2,606	0,21	0,19	0,21
CO9/5	B1404	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,22	0,22	0,21
CO4/6	B1407	vzpěra vazník - Trubka	S 235	1,477	0,13	0,13	0,00
CO6/17	B1408	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,11	0,07	0,11
CO18/1	B1409	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,25	0,12	0,25
CO18/1	B1410	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,16	0,07	0,16
CO15/18	B1411	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,32	0,24	0,32
CO4/6	B1412	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,76	0,54	0,76
CO15/18	B1413	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,25	0,10	0,25
CO15/18	B1414	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,25	0,11	0,25
CO16/4	B1415	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,34	0,14	0,34
CO16/4	B1416	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,34	0,15	0,34
CO5/3	B1417	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,66	0,47	0,66
CO16/4	B1418	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,30	0,22	0,30
CO4/6	B1419	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,38	0,26	0,38
CO15/18	B1420	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,16	0,09	0,16
CO15/18	B1421	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,17	0,07	0,17
CO15/18	B1422	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,23	0,10	0,23
CO15/18	B1423	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,23	0,11	0,23
CO5/3	B1424	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,33	0,24	0,33
CO4/6	B1425	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,74	0,51	0,74
CO7/15	B1426	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,56	0,39	0,56
CO4/6	B1427	vzpěra vazník - Trubka	S 235	1,477	0,07	0,07	0,05
CO15/18	B1428	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,22	0,10	0,22
CO15/18	B1429	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,22	0,10	0,22
CO16/4	B1430	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,28	0,13	0,28
CO16/4	B1431	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,28	0,13	0,28
CO16/4	B1432	vzpěra vazník - Trubka	S 235	1,477	0,09	0,09	0,05
CO4/6	B1433	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,34	0,23	0,34
CO7/15	B1434	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,27	0,18	0,27
CO7/15	B1435	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,28	0,18	0,28
CO15/18	B1436	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,22	0,10	0,22
CO15/18	B1437	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,22	0,10	0,22
CO16/4	B1438	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,28	0,13	0,28
CO16/4	B1439	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,28	0,13	0,28
CO4/6	B1440	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,32	0,22	0,32
CO16/4	B1441	vzpěra vazník - Trubka	S 235	1,477	0,07	0,07	0,04
CO15/18	B1442	vzpěra vazník - Trubka	S 235	1,477	0,07	0,07	0,05
CO5/3	B1443	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,58	0,40	0,58
CO16/4	B1444	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,16	0,07	0,16
CO16/4	B1445	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,16	0,06	0,16
CO15/18	B1446	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,21	0,10	0,21
CO15/18	B1447	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,22	0,09	0,22
CO4/6	B1448	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,70	0,48	0,70
CO5/3	B1449	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,34	0,25	0,34
CO4/6	B1450	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,41	0,29	0,41
CO15/18	B1451	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,31	0,23	0,31
CO4/6	B1452	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,36	0,15	0,36
CO4/6	B1453	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,35	0,15	0,35
CO16/4	B1454	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,37	0,17	0,37
CO16/4	B1455	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,37	0,16	0,37
CO16/4	B1456	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,31	0,23	0,31
CO5/3	B1457	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,69	0,49	0,69
CO4/6	B1458	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,83	0,60	0,83
CO17/13	B1460	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,28	0,13	0,28
CO17/13	B1462	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,28	0,14	0,28
CO15/18	B1466	vzpěra vazník - Trubka	S 235	1,477	0,11	0,11	0,00
CO18/1	B1467	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,20	0,07	0,20
CO6/17	B1468	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,477	0,06	0,06	0,00
CO9/5	B1469	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,477	0,06	0,06	0,00
CO2/12	B1470	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,13	0,04	0,13
CO3/9	B1471	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,13	0,04	0,13
CO3/9	B1472	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,14	0,04	0,14
CO3/9	B1473	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,14	0,05	0,14
CO2/12	B1474	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,14	0,05	0,14
CO2/12	B1475	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,14	0,05	0,14
CO3/9	B1476	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,13	0,04	0,13
CO3/9	B1477	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,13	0,04	0,13

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *St							
CO8/16	B1478	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,477	0,05	0,05	0,00
CO8/16	B1479	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	1,477	0,05	0,05	0,00
CO17/13	B1480	příhrada kolme p. TR 4 - Trubka	S 235	0,000	0,19	0,07	0,19
CO6/17	B1481	vzpěra vazník - Trubka	S 235	0,000	0,14	0,10	0,14
CO15/18	B1483	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	9,522	0,66	0,14	0,66
CO2/12	B1484	ztužidlo střecha - Trubka	S 235	4,761	0,25	0,25	0,00
CO6/17	B1485	ztužení čelní stěny haly TR - Trubka	S 235	7,793	0,30	0,11	0,30
CO7/15	B1486	ztužení čelní stěny haly TR - Trubka	S 235	7,697	0,69	0,21	0,69
CO9/5	B263	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,14	0,14	0,08
CO17/13	B264	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,07	0,03	0,07
CO16/4	B1388	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,59	0,21	0,59
CO3/9	B1391	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,28	0,13	0,28
CO2/12	B1405	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,26	0,10	0,26
CO4/6	B1487	ztužení čelní stěny haly TR - Trubka	S 235	7,697	0,87	0,26	0,87
CO18/1	B5	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,49	0,24	0,49
CO11/2	B6	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,21	0,14	0,21
CO2/12	B681	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,53	0,17	0,53
CO2/12	B682	sloup hala - HEA340	S 235	0,000	0,17	0,05	0,17
CO5/3	B1389	mezisloupek - HEA240	S 235	0,000	0,56	0,30	0,56
CO18/1	B1392	mezisloupek - HEA240	S 235	0,000	0,43	0,31	0,43
CO4/6	B1406	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,36	0,24	0,36
CO7/15	B1488	ztužení čelní stěny haly TR - Trubka	S 235	7,697	0,79	0,23	0,79
CO18/1	B29	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,55	0,31	0,55
CO4/6	B30	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,38	0,30	0,38
CO5/3	B32	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,46	0,35	0,46
CO4/6	B33	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,42	0,39	0,42
CO17/13	B484	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,85	0,40	0,85
CO7/15	B485	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,72	0,31	0,72
CO17/13	B486	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,85	0,40	0,85
CO5/3	B487	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,82	0,38	0,82
CO18/1	B488	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,59	0,55	0,59
CO18/1	B489	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,59	0,55	0,59
CO8/16	B491	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,59	0,21	0,59
CO17/13	B492	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO17/13	B493	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO5/3	B494	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,65	0,38	0,65
CO4/6	B509	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO4/6	B510	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO4/6	B511	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO4/6	B512	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO4/6	B513	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO6/17	B514	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO4/6	B516	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO4/6	B517	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO4/6	B518	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO4/6	B519	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO4/6	B520	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,40	0,78
CO8/16	B521	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,43	0,78
CO5/3	B533	Ztužidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,36	0,05	0,36
CO8/16	B534	Ztužidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,44	0,07	0,44
CO4/6	B536	Ztužidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,50	0,08	0,50
CO17/13	B537	Ztužidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,46	0,07	0,46
CO17/13	B635	Ztužidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,42	0,07	0,42
CO17/13	B644	Ztužidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,41	0,06	0,41
CO5/3	B645	Ztužidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,37	0,05	0,37
CO4/6	B669	Ztužidlo stena TR - Trubka	S 235	7,697	0,59	0,11	0,59
CO17/13	B1331	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,769	0,37	0,28	0,37
CO17/13	B1332	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,46	0,27	0,46
CO17/13	B1333	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,45	0,26	0,45
CO4/6	B1334	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,46	0,27	0,46
CO5/3	B1335	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,694	0,19	0,16	0,19
CO4/6	B1336	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,853	0,20	0,17	0,20
CO17/13	B1337	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,906	0,22	0,19	0,22
CO17/13	B1338	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,853	0,21	0,18	0,21
CO4/6	B1339	pazdik IPE - IPE240	S 235	5,389	0,19	0,02	0,19
CO18/1	B1341	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,46	0,27	0,46
CO4/6	B1342	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,46	0,27	0,46
CO4/6	B1343	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,46	0,27	0,46
CO4/6	B1344	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,46	0,27	0,46
CO17/13	B1345	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,46	0,27	0,46
CO17/13	B1346	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,769	0,30	0,27	0,30
CO7/15	B1349	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,694	0,54	0,19	0,54

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Stav	Prvek	css	mat	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*							
CO7/15	B1350	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,853	0,50	0,20	0,50
CO6/17	B1351	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,906	0,56	0,21	0,56
CO6/17	B1352	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,853	0,53	0,20	0,53
CO6/17	B1353	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,694	0,56	0,19	0,56
CO5/3	B1354	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,694	0,48	0,19	0,48
CO7/15	B1355	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,853	0,43	0,20	0,43
CO5/3	B1356	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,906	0,45	0,21	0,45
CO5/3	B1357	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,853	0,43	0,20	0,43
CO4/6	B1358	pazdik IPE - IPE240	S 235	2,694	0,32	0,19	0,32
CO5/3	B1372	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,74	0,25	0,74
CO8/16	B1373	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,76	0,76	0,71
CO17/13	B1376	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,50	0,06	0,50
CO8/16	B1377	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,76	0,76	0,70
CO4/6	B1380	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,42	0,06	0,42
CO8/16	B1381	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,68	0,68	0,63
CO4/6	B1384	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,45	0,05	0,45
CO8/16	B1385	mezisloupek - HEA240	S 235	3,200	0,68	0,68	0,63
CO4/6	B1400	ztužení čelní stěny haly TR - Trubka	S 235	6,541	0,67	0,18	0,67
CO5/3	B1401	ztužení čelní stěny haly TR - Trubka	S 235	6,541	0,55	0,14	0,55
CO4/6	B254	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,10	0,07	0,10
CO18/1	B255	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,15	0,11	0,15
CO2/12	B256	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,16	0,13	0,16
CO2/12	B257	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,25	0,16	0,25
CO2/12	B258	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,25	0,16	0,25
CO16/4	B259	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,14	0,09	0,14
CO5/3	B7	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,38	0,26	0,38
CO18/1	B8	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,68	0,39	0,68
CO18/1	B9	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,65	0,35	0,65
CO5/3	B10	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,46	0,25	0,46
CO18/1	B11	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,53	0,26	0,53
CO5/3	B12	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,34	0,23	0,34
CO5/3	B19	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,17	0,09	0,17
CO9/5	B20	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,45	0,45	0,30
CO9/5	B21	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,41	0,41	0,28
CO11/2	B22	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,22	0,14	0,22
CO9/5	B23	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,32	0,32	0,26
CO4/6	B24	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,16	0,09	0,16
CO4/6	B242	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,07	0,04	0,07
CO9/5	B243	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,17	0,17	0,09
CO4/6	B244	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,09	0,05	0,09
CO2/12	B245	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,11	0,06	0,11
CO2/12	B246	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,11	0,06	0,11
CO5/3	B247	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,07	0,04	0,07
CO9/5	B1340	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,231	0,30	0,27	0,30
CO9/5	B515	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,85	0,43	0,85
CO9/5	B490	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,62	0,41	0,62
CO6/17	B508	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,97	0,40	0,97
CO5/3	B1493	ztužení zázemí TR2 - Trubka	S 235	0,000	0,65	0,14	0,65
CO18/1	B1494	ztužení zázemí TR2 - Trubka	S 235	0,000	0,52	0,11	0,52
CO14/8	B1495	ztužení zázemí TR2 - Trubka	S 235	0,000	0,47	0,10	0,47
CO13/10	B1496	ztužení zázemí TR2 - Trubka	S 235	5,122	0,45	0,09	0,45
CO16/4	B1491	ztužení zázemí TR2 - Trubka	S 235	0,000	0,42	0,09	0,42
CO18/1	B1492	ztužení zázemí TR2 - Trubka	S 235	0,000	0,42	0,09	0,42
CO3/9	B1497	ztužení zázemí TR2 - Trubka	S 235	0,000	0,26	0,05	0,26
CO2/12	B1498	ztužení zázemí TR2 - Trubka	S 235	5,122	0,26	0,05	0,26
CO17/13	B527	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,40	0,06	0,40
CO4/6	B641	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,53	0,09	0,53
CO17/13	B648	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,39	0,06	0,39
CO18/1	B649	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,41	0,06	0,41
CO17/13	B651	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,43	0,07	0,43
CO18/1	B668	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,51	0,09	0,51
CO4/6	B670	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,45	0,07	0,45
CO17/13	B671	Ztuzidlo stena TR - Trubka	S 235	7,696	0,40	0,06	0,40
CO16/4	B27	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,24	0,13	0,24
CO18/1	B26	sloup zázemí - HEA240	S 235	0,000	0,55	0,31	0,55
CO5/3	B495	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,35	0,78
CO7/15	B496	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,78	0,35	0,78
CO18/1	B1347	pazdik IPE - IPE240	S 235	3,500	0,64	0,33	0,64